



TUGAS AKHIR – RE 141581

**KAJIAN GENANGAN DAN UPAYA
PENGELOLAANNYA DI KECAMATAN KENJERAN
SURABAYA**

**NUR AIDIL FITRA MUNAWWAR
03211240000113**

**DOSEN PEMBIMBING
BIEBY VOIJANT TANGAHU, ST. MT. PhD**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT – RE 141581

**STUDY OF FLOODING AND MANAGEMENT EFFORT IN
KENJERAN DISTRICT, SURABAYA**

**NUR AIDIL FITRA MUNAWWAR
03211240000113**

**SUPERVISOR
BIEBY VOIJANT TANGAHU, ST. MT. PhD**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geoscience
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

**KAJIAN GENANGAN DAN UPAYA PENGELOLAANNYA DI
KECAMATAN KENJERAN SURABAYA**

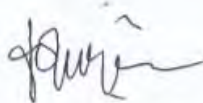
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Nur Aidil Fitra Munawwar
NRP. 03211240000113

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD
NIP : 197108181997032001



ABSTRAK

KAJIAN GENANGAN DAN UPAYA PENGELOLAANNYA DI KECAMATAN KENJERAN, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Nur Aidil Fitra Munawwar
NRP : 03211240000113
Jurusan : Teknik Lingkungan
Fakultas : FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu, S.T, M.T, PhD

Peningkatan populasi dan penduduk manusia yang tidak terkendali serta perkembangan fasilitas menyebabkan masalah drainase air hujan seperti peningkatan limpasan air hujan dan berkurangnya infiltrasi air. Hal ini dapat menyebabkan genangan air atau bahkan banjir pada penduduk manusia dan merusak infrastruktur seperti jalan dan saluran. Kabupaten Kenjeran memiliki luas wilayah 14,42 km² dan kepadatan penduduk 9144 kapita / km². Ada 5 (lima) titik genangan air di wilayah tangkapan Distrik Kenjeran. Total luas genangan air adalah 12,5 hektar, dengan ketinggian air maksimum 21 cm dan durasi waktu 56 menit. Diperlukan evaluasi untuk menemukan masalah-masalah yang menyebabkan genangan air atau banjir di lapangan penelitian. Salah satu metodenya adalah menghitung kapasitas saluran drainase air sekunder dan dengan metode seperti itu diharapkan masalah genangan air di daerah tangkapan Kenjeran dapat dipecahkan.

Ada 5 titik segmen yang mengakibatkan genangan air di bidang studi dari hasil evaluasi dengan menghitung kapasitas saluran drainase air sekunder. Hal ini diperoleh dari hasil evaluasi bahwa beberapa penyebab genangan air adalah peningkatan volume sedimen dan pembuangan limbah padat di saluran drainase air sekunder. Setelah beberapa pertanyaan kepada orang-orang stratifikasi acak yang dipilih di Kenjeran, kebiasaan orang adalah salah satu kunci untuk menyelesaikan masalah drainase air hujan.

Masyarakat di kabupaten Kenjeran direkomendasikan untuk menjaga saluran air hujan tetap bersih dengan membuang

limbah padat mereka dengan benar dan mengaktifkan setiap layanan masyarakat di asosiasi lokal (RT). Hal ini juga diperlukan untuk secara teratur memelihara saluran drainase air sekunder yang tetap terkontrol dari layanan pemerintah terkait dengan melakukan normalisasi secara berkala. Hal ini diharapkan dapat mengatasi masalah genangan air di kabupaten Kenjeran pada beberapa tingkat yang puas dengan melakukannya.

Kata kunci: Genangan, survey, peran serta masyarakat

ABSTRACT

STUDY OF FLOODING AND MANAGEMENT EFFORT IN KENJERAN DISTRICT, SURABAYA

Name : Nur Aidil Fitra Munawwar
NRP : 03211240000113
Department : Teknik Lingkungan
Faculty : FTSLK-ITS
Supervisor : BIEBY VOIJANT TANGAHU, S.T, M.T, PhD

Uncontrolled increase on population and human inhabitant also facility developement causing rainwater drainage problems such as increased rainwater runoff and reduced water infiltration. This can lead to water inundation or even flood on human resident and damage infrastructure such as roads and channels. Kenjeran district has wide area of 14,42 km² and population density of 9144 capita/km². There are 5 (five) water inundation points in Kenjeran district catchment area. Total wide area of water inundation is 12,5 hectare, with maximum water level of 21 cm and duration time of 56 minutes. It is needed to do evaluation to find the problems causing water inundation or flood in study field. One of the methods are calculating secondary water drainage channels capacity and by such method it is expected that water inundation problems in Kenjeran catchment area can be solved.

There are 5 segment points resulting water inundation in the study field from the evaluation result by calculating capacity of secondary water drainage channels. It is obtained from the evaluation result that some cause of water inundation are increasing sediment volume and solid waste disposal in secondary water drainage channels. After some questions to the random stratified people picked in Kenjeran, habit of people is one of the key to solve the rainwater drainage problems.

People in Kenjeran district are recommended to keep rainwater drainage channels clean by dispose their solid waste properly and activate each community service at local based association (RT). It is also needed to regularly maintain secondary water drainage channels keep on control from related governmental service by done some normalization periodically. It

is expected to be solved water inundation problems in Kenjeran district at some satisfied level by done so.

.Keywords: puddle, surveys, community participation

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat-NYA tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir yang berjudul Kajian Genangan dan Upaya Pengelolaannya di Kecamatan Kenjeran Surabaya ini merupakan salah satu persyaratan akademik dalam studi program S-1 Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini, antara lain kepada:

1. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST. MT. PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, arahan, kritik dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu IDAA Warmadewanthi, ST. MT. PhD selaku dosen penguji Tugas Akhir.
3. Bapak Welly Herumurti, ST. MSc selaku dosen penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Alfian Purmono, ST. MT selaku dosen penguji Tugas Akhir
5. Papa, Mama, Abang Ihsan dan Istri, serta Abang Faizal dan Istri atas dukungan, doa, dan motivasi selama ini.
6. Seluruh staf pengajar Departemen Teknik Lingkungan ITS
7. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS yang telah banyak membantu.
8. Seluruh teman-teman sekontrakan khususnya Ripas, Ridho Azhari, Dendi, Fikri, Anggi, Yadi, dan Pandito yang sudah menemani saya melewati suka duka dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh pegawai/karyawan Teknik Lingkungan ITS yang selalu mendukung saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan

saran dan kritik yang bersifat membangun demi kelengkapan Tugas Akhir ini, Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan perencanaan	2
1.4 Manfaat Perencanaan	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN	5
2.1 Wilayah Perencanaan	5
2.2 Daerah Genangan	6
2.3 Kondisi Klimatologi	7
2.4 Penggunaan Lahan	8
2.5 Kondisi Topografi	8
2.6 Kondisi Geologi	8
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	9
3.1 Drainase	9
3.1.2 Genangan	9

3.2 Analisis Hidrologi.....	10
3.2.1 Data Curah Hujan.....	10
3.2.2 Analisis Curah Hujan Harian Maksimum	11
3.2.3 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan	15
3.2.4 Analisis Lengkung Intensitas Hujan	16
3.3.8 Koefisien Aliran Rata-Rata (C)	18
3.2.5 Debit Limpasan Air Hujan	18
3.2.6 Kecepatan Aliran	22
3.2.7 Debit Saluran	24
3.3 Perhitungan Debit Air Limbah	25
BAB IV METODE PERENCANAAN	27
4.1 Umum.....	27
4.2 Tahapan Perencanaan	27
BAB V HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
5.1 Analisis Hidrologi.....	33
5.1.1 Data Curah Hujan	33
5.1.2 Perhitungan Uji Konsistensi Data Hujan	34
5.1.3 Perhitungan Uji Homogenitas	42
5.1.4 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata	56
5.1.5 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum.....	60
5.1.6 Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum.....	67
5.1.7 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan.....	70
5.1.8 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan.....	81

5.2	Analisis Hidrolika	89
5.2.1	Analisis Kecepatan Eksisting	92
5.2.2	Analisis Intensitas Hujan Rencana	92
5.2.3	Analisis Q Eksisting	95
5.2.4	Analisis Perhitungan Air Limbah	97
5.2.5	Perbandingan Debit Rencana dan Debit Eksisting....	97
5.3	Analisis Peran Serta Masyarakat	99
5.3.1	Identitas Responden.....	99
5.3.2	Analisis Penyebab Genangan	101
5.3.3	Upaya Penanggulangan Genangan	103
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		105
6.1	Kesimpulan	105
6.2	Saran.....	105

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Genangan di Kecamatan Kenjeran	6
Tabel 3,1 Periode Ulang Hujan Untuk Saluran Drainase	9
Tabel 3.2 Reduced Meqan(Y_n) dan Standard Deviation	12
Tabel 3.3 <i>Reduced Variate</i> (Y_t) pada PUH t Tahun	12
Tabel 3.4 Nilai K Distribusi Log Person III	14
Tabel 3.5 Intensitas Hujan Kota Jakarta	15
Tabel 3.6 Koefesien Pengaliran Berdasarkan Komponen	20
Tabel 3.7 Kekasaran Muka Tanah.....	21
Tabel 3.8 Koefesien Kekasaran Manning	25
Tabel 4.1 Klasifikasi dan Pengolahan Data	31
Tabel 5.1 Data Stasiun Curah Hujan Harian Maksimum Terpilih	33
Tabel 5.2 Jumlah Data Curah Hujan Harian Maksimum.....	34
Tabel 5.3 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Kedung Cowek.....	37
Tabel 5.4 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Gubeng	37
Tabel 5.5 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Perak.....	39
Tabel 5.6 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Larangan	41
Tabel 5.7 Perhitungan R dan $(R_I - R)^2$ Stasiun Hujan Kedung Cowek	43
Tabel 5.8 Perhitungan R dan $(R_I - R)^2$ Stasiun Hujan Gubeng	47
Tabel 5.9 Perhitungan R dan $(R_I - R)^2$ Stasiun Hujan Perak	50
Tabel 5.10 Perhitungan R dan $(R_I - R)^2$ Stasiun Hujan Perak	53

Tabel 5.11 Luas Area Pelayanan Keempat Stasiun.....	56
Tabel 5.12 Perhitungan Metode Poligon Thiessen	59
Tabel 5.13 Perhitungan HHM Metode Gumbel	60
Tabel 5.14 Perhitungan HHM Metode Gumbel dan Rentang Keyakinan	62
Tabel 5.15 Standar Deviasi Metode Log Person III.....	63
Tabel 5.16 Perhitungan HHM Metode Log Person III.....	64
Tabel 5.17 Perhitungan Standar Deviasi Metode Iway Kadoya ..	65
Tabel 5.18 Perhitungan Nilai bi Metode Iway Kadoya	66
Tabel 5.19 Perhitungan HHM dengan Metode Iway Kadoya	67
Tabel 5.20 Perbandingan Hujan Harian Maksimum (HHM)	67
Tabel 5.21 Perhitungan HHM dengan Metode Iway Kadoya	68
Tabel 5.22 Data Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum.....	69
Tabel 5.23 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat	70
Tabel 5.24 Perhitungan Nilai I Metode Van Breen.....	71
Tabel 5.25 Intensitas Hujan Kota Jakarta	72
Tabel 5.26 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto di Pulau Jawa	73
Tabel 5.27 Perhitungan Nilai R Dengan Metode Tanimoto	75
Tabel 5.28 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Bell	75
Tabel 5.29 Perhitungan Ri ($0 < t < 1$ jam).....	77
Tabel 5.30 Perhitungan Nilai R Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen	77

Tabel 5.31 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen	78
Tabel 5.32 Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan	78
Tabel 5.33 Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih.....	80
Tabel 5.34 Perhitungan Kontanta a dan b atau n Perbandingan Lengkung Intensitas Hujan	84
Tabel 5.35 Perhitungan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun.....	85
Tabel 5.36 Perhitungan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun.....	85
Tabel 5.37 Perbandingan Rumus Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 dan PUH 10	86
Tabel 5.38 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun.....	87
Tabel 5.39 Perhitungan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun.....	87
Tabel 5.40 Perhitungan Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih	88
Tabel 5.41 Perhitungan Kecepatan Aliran Rencana	91
Tabel 5.42 Kecepatan Eksisting	92
Tabel 5.43 Koefisien C	93
Tabel 5.44 Q Limpasan	94
Tabel 5.45 Perhitungan Debit Eksisting.....	96
Tabel 5.46 Perhitungan Debit Air Limbah	97
Tabel 5.47 Perbandingan Debit Rencana dan Debit Eksisting.....	98

Tabel 5.48 Perbandingan Saluran Saat Tidak Ada Sedimen.....	98
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kelurahan di Kecamatan Kenjeran	5
Gambar 2.2 Genangan di Sidotopo Wetan	7
Gambar 2.3 Genangan di Kedung Mangu	7
Gambar 3.1 Penampang Segiempat.....	23
Gambar 3.2 Penampang Trapesium.....	23
Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan	28
Gambar 5.1 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Kedung Cowek.....	36
Gambar 5.2 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Gubeng	38
Gambar 5.3 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Perak.....	40
Gambar 5.4 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Larangan	42
Gambar 5.5 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Kedung Cowek	45
Gambar 5.6 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Kedung Cowek.	46
Gambar 5.7 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Gubeng.	48
Gambar 5.8 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Gubeng	49
Gambar 5.9 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Perak	51
Gambar 5.10 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Perak.....	52
Gambar 5.11 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Larangan	54
Gambar 5.12 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Larangan	55

Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 5	79
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 10.....	79
Gambar 5.15 Grafik Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilh.....	88
Gambar 5.16 Gragik Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih....	92
Gambar 5.17 Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Hujan	95
Gambar 5.18 Pendidikan Terakhir Responden.....	99
Gambar 5.19 Pendapatan per Keluarga	100
Gambar 5.20 Pekerjaan Responden.....	100
Gambar 5.21 Penyebab Genangan di Bulak Banteng	101
Gambar 5.22 Penyebab genangan di Sidotopo Wetan.....	101
Gambar 5.23 Penyebab Genangan di kedung Mangu.....	102
Gambar 5.24 Lama Genangan	103

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan daerah pesisir dengan topografi rendah yaitu berkisar 3-6 meter diatas permukaan laut dan memiliki curah hujan yang tinggi menyebabkan Kota Surabaya rentan terhadap bencana banjir (BPS, 2014). Faktor lain yang menyebabkan banjir di Surabaya adalah perubahan tata guna lahan yang terjadi dengan sangat cepat (RTRW Kota Surabaya, 2013). Dengan semakin berkembangnya suatu daerah, lahan untuk meresapkan air secara alami akan semakin berkurang. Permukaan lahan yang kosong tersebut akan tertutup oleh beton dan aspal, hal ini bisa menyebabkan kelebihan air yang tidak terbuang. Kelebihan air yang tidak terbuang ini apabila tidak dapat dialirkan akan dapat menyebabkan genangan.

Kota Surabaya bagian utara merupakan kota dengan kepadatan penduduk yang tinggi, salah satunya yaitu di Kecamatan Kenjeran. Kecamatan Kenjeran memiliki luas wilayah 14,42 km² dan kepadatan penduduk 9144 jiwa/km² (Data Monografi Kecamatan Kenjeran, 2015). Pertambahan jumlah penduduk yang semakin padat dan pertambahan bangunan penunjang lainnya tidak diimbangi dengan perkembangan sistem drainase. Pertambahan jumlah debit yang keluar akibat pertambahan jumlah perumahan serta bangunan lainnya menyebabkan debit air yang mengalir menuju saluran drainase sudah melebihi kapasitas tampung saluran drainase tersebut. Di wilayah Kecamatan Kenjeran selalu tergenang air saat hujan deras terutama di sekitar Saluran Sekunder Kenjeran.

Konsep drainase yang diterapkan saat ini adalah konsep drainase konvensional, dimana konsep tersebut memiliki prinsip bahwa seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah harus secepatnya dialirkan ke sungai atau saluran drainase. Jika semua air hujan yang dialirkan secepatnya ke sungai tanpa diupayakan agar air mempunyai waktu yang cukup untuk meresap ke dalam tanah, maka akan berakibat sungai-sungai akan menerima beban yang melampaui dari kapasitasnya, sehingga sungai akan meluap.

Pada saat hujan deras, genangan sering muncul di beberapa titik pada *catchment area* pada Kecamatan Kenjeran. Yang mengalami genangan dengan waktu yang paling lama adalah pada Kelurahan Bulak Kenjeran dengan lama genangan 56 menit dan tinggi genangan mencapai 21 cm (Dinas Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya 2015). Penyebab lain dari genangan adalah masih terdapat saluran yang tidak terhubung dengan saluran yang lain.

Oleh karena itu diperlukan suatu evaluasi penyebab timbulnya genangan dengan menghitung debit saluran pada Kecamatan Kenjeran. Dan juga partisipasi masyarakat Kecamatan Kenjeran dalam menjaga lingkungan tempat mereka tinggal.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Mengapa masih terdapat genangan pada *catchment area* Kecamatan Kenjeran?
2. Bagaimana cara mengurangi genangan yang ada di Kecamatan Kenjeran?
3. Seberapa besar tingkat kepedulian dan peran serta masyarakat dalam mengatasi genangan di Kecamatan Kenjeran?

1.3 Tujuan perencanaan

1. Mengevaluasi penyebab terjadinya genangan di Kecamatan Kenjeran
2. Merencanakan upaya penanggulangan genangan di Kecamatan Kenjeran.

1.4 Manfaat Perencanaan

. Manfaat dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai informasi bagi pemerintah Kota Surabaya dalam menangani genangan.
2. Mendukung adanya usaha Konservasi Sumber Daya Air.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Perencanaan dibatasi pada *catchment area* Kecamatan Kenjeran, Surabaya
2. Debit yang diperhitungkan ada;ah debit limpasan air hujan dan debit *greywater* untuk air limbah.
3. Periode Ulang Hujan (PUH) yang digunakan dalam perhiitungan debit limpasan adalah 5 tahun untuk saluran sekunder.
4. Aspek yang digunakan adalah aspek teknis dan peran serta masyarakat.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB II

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

2.1 Wilayah Perencanaan

Kecamatan Kenjeran adalah kecamatan yang dipilih dengan pertimbangan bahwa daerah ini selalu tergenang banjir pada saat musim hujan. Kecamatan Kenjeran termasuk ke bagian Surabaya bagian Utara. Kecamatan Kenjeran memiliki 4 kelurahan yaitu kelurahan Tambak Wedi, Kelurahan Bulak Banteng, Kelurahan Tanah Kali Kedinding, dan Kelurahan Sidotopo Wetan. Pembagian wilayah berdasarkan kelurahan di Kecamatan Kenjeran bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kelurahan di Kecamatan Kenjeran

Secara geografis Kecamatan Kenjeran terletak di wilayah Surabaya Utara dengan luas wilayah 14,42 km² dan kepadatan penduduk 9144 jiwa/km² (Data Monografi Kecamatan Kenjeran, 2015).

Utara : berbatasan dengan Selat Madura
 Timur : berbatasan dengan Kecamatan Bulak
 Barat : berbatasan dengan Kecamatan Semampir
 Selatan : berbatasan dengan Kecamatan Tambaksari

2.2 Daerah Genangan

Lokasi genangan di Kecamatan Kenjeran menurut data genangan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya 2015 pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Data Genangan di Kecamatan Kenjeran

NO	Lokasi Genangan	Angka di Lapangan 2015		
		Luas (ha)	Dalam (cm)	Lama (menit)
1	Kp. Kedinding Lor	3,1493	13	48
2	Kp. Bulak Benteng	3,4877	13	40
3	Kp. Bulak Banteng Kidul	4,0306	21	37
4	Kp.Kedung Mangu	2.3302	21	56
5	Kedung Cowek	0,0143	7	37

Sumber: Dinas Bina Marga dan Pematusan 2015

Pada saat terjadi hujan yang deras pada periode bulan Februari-Maret 2018, masih terdapat beberapa titik genangan di *catchment area* di Kecamatan Kenjeran. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan masih terdapat beberapa titik lokasi genangan yang sama seperti data di tahun 2015. Meskipun kedalaman genangan kurang dari 30 cm dan lama genangan kurang dari 2 jam, namun genangan ini sangat mengganggu (menimbulkan kemacetan lalu lintas yang parah), terutama bagi pengguna jalan karena daerah tersebut sangat padat lalu lintasnya.



Gambar 2.2 Genangan di Sidotopo Wetan



Gambar 2.3 Genangan di Kedung Mangu

2.3 Kondisi Klimatologi

Kondisi klimatologi Kota Surabaya secara makro memiliki kesamaan dengan beberapa wilayah lain di Indonesia yang berada di bagian selatan garis katulistiwa. Musim hujan berlangsung antara bulan November sampai April dan musim kemarau berlangsung antara bulan Mei dan Oktober.

2.4 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Kenjeran meliputi daerah pemukiman, danau, tambak, dan fasilitas umum lainnya. Penggunaan lahan rencana mengacu pada rancangan RTRW Kota Surabaya 2015 yang tidak banyak mengalami perubahan . Hanya beberapa bagian yang mengalami perubahan fungsi lahan.

2.5 Kondisi Topografi

Secara topografis Kota Surabaya memiliki ketinggian tanah antara 0 - 10 meter (80,72%) yang tersebar di bagian timur, utara, selatan, dan pusat kota. Pada daerah pantai ketinggiannya berkisar antara 1 - 3 meter di atas permukaan air laut. Pada wilayah lain memiliki ketinggian 10-20 meter dan 20 meter di atas permukaan laut yang umumnya terdapat pada bagian barat kota Surabaya.

2.6 Kondisi Geologi

Kondisi geologi Kota Surabaya terdiri dari Daratan Alluvium, Formasi Kabuh, Formasi Pucangan, Formasi Lidah, Formasi Madura, dan Formasi Sonde. Adapun wilayah perairan Surabaya berdasarkan kondisi fisik dan lingkungannya, tidak berada pada jalur sesar aktif ataupun berhadapan langsung dengan samudera sehingga “relatif aman” dari bencana alam. Pada Surabaya bagian utara merupakan jenis tanah alluvium, dengan karakteristik memiliki kerakal, kerikil, lempung, dan pecahan cangkangan fosil.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Drainase

Sistem drainase adalah suatu sistem pembuangan air yang menggenangi pada suatu daerah dimana sistem drainase ini berfungsi untuk mengalirkan air hujan yang berlebih menuju ke badan air penerima dengan aman, sehingga dapat mengendalikan terjadinya banjir. (Suripin, 2004).

3.1.1 Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan adalah drainase di saluran kota yang berfungsi untuk mengendalikan atau mengelola air permukaan sehingga tidak mengganggu maupun merugikan masyarakat (Cipta Karya, 2012). Permasalahan banjir di perkotaan berasal dari pertambahan penduduk yang sangat cepat, akibat urbanisasi baik musiman maupun permanen. Pertambahan penduduk ini tidak diimbangi dengan sarana dan prasarana yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi berantakan.

Tabel 3.1 Periode Ulang Hujan Untuk Desain Saluran Drainase

No	Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
1	Permukiman: Kota Sedang Kota Kecil	5 - 10 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
		10 - 20 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
2	Industri	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
3	Perumahan	5 – 20 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun

Sumber: *Suripin*, 2004

3.1.2 Genangan

Menurut Badan Pengendalian Banjir, genangan adalah air yang memenuhi jalan dengan ketinggian air mencapai 30-50 cm dan berkisar antara 30-60 menit. Genangan pada umumnya

disebabkan oleh beberapa unsur. Salah satunya adalah saluran drainase kurang lancar dalam mengalirkan air hujan dikarenakan buntunya saluran drainase. Terjadinya genangan di daerah perkotaan pada umumnya disebabkan oleh hujan lokal dengan intensitas yang tinggi sehingga melebihi kapasitas drainase, sistem drainase yang kurang baik, serta banyaknya sampah yang masuk ke saluran drainase.

3.2 Analisis Hidrologi

Proses hidrologi dipengaruhi oleh perubahan iklim, seperti curah hujan dan variasi suhu serta aktivitas yang dilakukan oleh manusia, seperti pembangunan waduk air, saluran modifikasi, drainase, dan perubahan tata guna lahan (Zhang *et al.*, 2014). Analisis hidrologi adalah bagian dalam perencanaan bangunan-bangunan air. Analisis hidrologi merupakan data awal yang sangat penting dalam analisis selanjutnya. Aspek hidrologi meliputi curah hujan melengkapi data hujan, uji konsistensi, uji homogenitas, penentuan curah hujan rata-rata daerah, analisis hujan harian maksimum, metode perhitungan distribusi hujan atau metode perhitungan intensitas hujan dan perhitungan lengkung intensitas hujan.

3.2.1 Data Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, yang dinyatakan dalam mm. curah hujan daerah diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Tetapi sebelumnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Tes Konsistensi Data Hujan

Apabila dalam pengamatan data hujan terdapat non homogenitas dan ketidaksesuaian dapat menyebabkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Non Homogenitas dapat disebabkan:

- a) Pemindahan stasiun pengamat ke tempat baru.
- b) Perubahan jenis alat ukur.
- c) Perubahan cara pengukuran.
- d) Kesalahan observasi sejak tanggal tertentu.

- e) Perubahan ekosistem akibat bencana (kebakaran, hujan, tanah longsor, dll).

Konsistensi data hujan diuji dengan cara Garis Massa Ganda (*Double Mass Curve Technique*). Dengan metode ini dapat juga dilakukan koreksi datanya. Dasar metode ini ialah membandingkan curah hujan tahunan akumulatif dari stasiun yang diikuti dengan curah hujan tahunan akumulatif dari jaringan stasiun dasar.

Stasiun-stasiun dasar dipilih dari tempat-tempat berdekatan dengan stasiun pengamatan, data-data stasiun dasar harus diuji konsistensinya dan kondisi meteorologis yang sama dengan stasiun pengamatan. Jumlah stasiun dasar sedikitnya adalah 5 buah.

Data-data stasiun dasar harus diuji konsistensinya dan kondisi meteorologis yang sama dengan stasiun pengamat. Data-data hujan disusun menurut urutan kronologis mundur, dimulai dengan tahun terakhir. Rumus yang digunakan adalah:

$$F_k = \frac{tg\beta}{tg\gamma} = \frac{TB}{TL} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_k = F_k \times R$$

Rk = curah hujan koreksi di stasiun x.

R = curah hujan asli.

Fk = faktor koreksi.

3.2.2 Analisis Curah Hujan Harian Maksimum

Untuk menganalisa curah hujan Harian Maksimum (HHM) dapat digunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Metode Gumbel.

Metode Gumbel menyatakan bahwa distribusi dari harga ekstrim (maksimum atau minimum) tahun yang dipilih dari n sampel akan mendekati suatu bentuk batas bila ukuran sampel meningkat. Rumus yang digunakan adalah:

$$R_T = \bar{R} + \frac{\tau_R}{\tau_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(2)$$

R : tinggi hujan rata-rata.
 R : standar deviasi.
 n & Y_n : didapat dari Tabel *reduced mean and standar deviation* di lampiran.
 Y_t : didapat dari Tabel 6 *Reduced Variate* pada PUH t tahun.

Tabel 3.2 Reduced Mean(Y_n) dan Standard Deviation

N	Y_n	τ_n
10	0,4952	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,9833
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206

Sumber: J, Nemec, 2008

Tabel 3.3 *Reduced Variate* (Y_t) pada PUH t Tahun.

PUH = t Tahun	Reduced Variate (Y_t)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019

Sumber: J, Nemec, 2008

Rentang keyakinan (*Convidence Interval*) untuk harga-harga RT.

$$R_k = \pm \cdot t(a) \cdot S_e \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

R_k : rentang keyakinan (*convidence interval*, mm/jam).

T(a) : fungsi α .
 Se : *probability error* (deviasi).
 Untuk $\alpha = 90\% \rightarrow t(a) = 1,64$
 $\alpha = 80\% \rightarrow t(a) = 1,282$
 $\alpha = 68\% \rightarrow t(a) = 1,000$

$$S_e = \frac{b \cdot \tau_R}{\sqrt{N}} \dots\dots\dots(4)$$

$$b = \sqrt{1 + 1 + 1,3k + 1,1 \cdot k^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{\tau_n} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:
 N : jumlah data

2. Metode Log Person *Type III*

Metode Log Person berdasarkan kepada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah perhitungannya:

1. Menyusun data-data curah hujan (R) mulai dari harga yang terbesar sampai dengan harga terkecil
2. Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk logaritma $\rightarrow X_i = \log R_i$
3. Menghitung besarnya harga rata – rata besaran tersebut, dengan persamaan :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(7)$$

4. Menghitung besarnya harga deviasi rata – rata dari besaran logaritma tersebut, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots(8)$$

5. Menghitung harga skew coefficient (koefisien asimetri) dari besaran logaritma di atas:

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)(N-2)(\tau_x)^2} \dots\dots\dots(9)$$

Kadang-kadang harga C_s disesuaikan dengan besarnya N , sehingga persamaannya menjadi :

$$C_{SH} = C_s \cdot (1 + 8,5 / N) \dots\dots\dots(10)$$

6. Berdasarkan harga *skew coefficient* (C_s) yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, dapat diketahui nilai K_x dengan menggunakan tabel.

7. Menghitung besarnya harga logaritma dari masing – masing data curah hujan untuk suatu periode ulang T tertentu.

$$X_t = \bar{X} + K_x \cdot \tau_x \dots\dots\dots(11)$$

8. Jadi perkiraan harga HHM untuk periode ulang T (tahun)

$$\text{adalah : } R_T = \text{antilog} \cdot X_T \text{ atau } R_T = 10^{X_T} \dots\dots(12)$$

Tabel 3.4 Nilai K Distribusi Log Person III

Skew coefficient C ₁ or C _s	Return period in years									
	2		5		10		25		50	
	Exceedence probability		Exceedence probability		Exceedence probability		Exceedence probability		Exceedence probability	
	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005			
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.153	4.051	4.970			
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.174	4.073	4.999			
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.283	3.194	4.093	5.027			
2.7	-0.378	0.479	1.224	2.292	3.214	4.114	5.055			
2.6	-0.372	0.499	1.238	2.297	3.234	4.135	5.083			
2.5	-0.366	0.518	1.252	2.306	3.254	4.155	5.111			
2.4	-0.360	0.537	1.267	2.315	3.274	4.176	5.139			
2.3	-0.354	0.556	1.281	2.324	3.294	4.196	5.167			
2.2	-0.348	0.574	1.296	2.333	3.314	4.216	5.195			
2.1	-0.342	0.593	1.310	2.342	3.334	4.236	5.223			
2.0	-0.336	0.612	1.325	2.351	3.354	4.256	5.251			
1.9	-0.330	0.631	1.339	2.360	3.374	4.276	5.279			
1.8	-0.324	0.650	1.354	2.369	3.394	4.296	5.307			
1.7	-0.318	0.669	1.368	2.378	3.414	4.316	5.335			
1.6	-0.312	0.688	1.383	2.387	3.434	4.336	5.363			
1.5	-0.306	0.707	1.397	2.396	3.454	4.356	5.391			
1.4	-0.300	0.726	1.412	2.405	3.474	4.376	5.419			
1.3	-0.294	0.745	1.426	2.414	3.494	4.396	5.447			
1.2	-0.288	0.764	1.441	2.423	3.514	4.416	5.475			
1.1	-0.282	0.783	1.455	2.432	3.534	4.436	5.503			
1.0	-0.276	0.802	1.470	2.441	3.554	4.456	5.531			
0.9	-0.270	0.821	1.484	2.450	3.574	4.476	5.559			
0.8	-0.264	0.840	1.499	2.459	3.594	4.496	5.587			
0.7	-0.258	0.859	1.513	2.468	3.614	4.516	5.615			
0.6	-0.252	0.878	1.528	2.477	3.634	4.536	5.643			
0.5	-0.246	0.897	1.542	2.486	3.654	4.556	5.671			
0.4	-0.240	0.916	1.557	2.495	3.674	4.576	5.699			
0.3	-0.234	0.935	1.571	2.504	3.694	4.596	5.727			
0.2	-0.228	0.954	1.586	2.513	3.714	4.616	5.755			
0.1	-0.222	0.973	1.600	2.522	3.734	4.636	5.783			
0.0	-0.216	0.992	1.615	2.531	3.754	4.656	5.811			
-0.1	-0.210	1.011	1.629	2.540	3.774	4.676	5.839			
-0.2	-0.204	1.030	1.644	2.549	3.794	4.696	5.867			
-0.3	-0.198	1.049	1.658	2.558	3.814	4.716	5.895			
-0.4	-0.192	1.068	1.673	2.567	3.834	4.736	5.923			
-0.5	-0.186	1.087	1.687	2.576	3.854	4.756	5.951			
-0.6	-0.180	1.106	1.702	2.585	3.874	4.776	5.979			
-0.7	-0.174	1.125	1.716	2.594	3.894	4.796	6.007			
-0.8	-0.168	1.144	1.731	2.603	3.914	4.816	6.035			
-0.9	-0.162	1.163	1.745	2.612	3.934	4.836	6.063			
-1.0	-0.156	1.182	1.760	2.621	3.954	4.856	6.091			
-1.1	-0.150	1.201	1.774	2.630	3.974	4.876	6.119			
-1.2	-0.144	1.220	1.789	2.639	3.994	4.896	6.147			
-1.3	-0.138	1.239	1.803	2.648	4.014	4.916	6.175			
-1.4	-0.132	1.258	1.818	2.657	4.034	4.936	6.203			
-1.5	-0.126	1.277	1.832	2.666	4.054	4.956	6.231			
-1.6	-0.120	1.296	1.847	2.675	4.074	4.976	6.259			
-1.7	-0.114	1.315	1.861	2.684	4.094	4.996	6.287			
-1.8	-0.108	1.334	1.876	2.693	4.114	5.016	6.315			
-1.9	-0.102	1.353	1.890	2.702	4.134	5.036	6.343			
-2.0	-0.096	1.372	1.905	2.711	4.154	5.056	6.371			
-2.1	-0.090	1.391	1.919	2.720	4.174	5.076	6.399			
-2.2	-0.084	1.410	1.934	2.729	4.194	5.096	6.427			
-2.3	-0.078	1.429	1.948	2.738	4.214	5.116	6.455			
-2.4	-0.072	1.448	1.963	2.747	4.234	5.136	6.483			
-2.5	-0.066	1.467	1.977	2.756	4.254	5.156	6.511			
-2.6	-0.060	1.486	1.992	2.765	4.274	5.176	6.539			
-2.7	-0.054	1.505	2.006	2.774	4.294	5.196	6.567			
-2.8	-0.048	1.524	2.021	2.783	4.314	5.216	6.595			
-2.9	-0.042	1.543	2.035	2.792	4.334	5.236	6.623			
-3.0	-0.036	1.562	2.050	2.801	4.354	5.256	6.651			

Sumber: J, Nemec, 2008

3.2.3 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (mm/jam, cm/hari). Perhitungan intensitas hujan dapat menggunakan 3 metode, yaitu:

1. Metode Van Breen

Metode ini beranggapan bahwa besarnya atau lama durasi hujan harian adalah terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif sebesar 90 % dari hujan selama 24 jam.

Hubungan dengan rumus:

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

I : Intensitas hujan (mm/jam).

R²⁴ : curah hujan harian maksimum (mm/24 jam).

Intensitas hujan yang didapat dari rumus diatas, kemudian diplotkan pada kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis, yang dapat dilihat pada Tabel 3.2. Kurva basis tersebut memberikan kecenderungan bentuk kurva untuk daerah lain di Indonesia pada umumnya.

Tabel 3.5 Intensitas Hujan Kota Jakarta.

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)				
	Untuk Periode Ulang				
	2	5	10	25	50
5	12	148	155	180	191
10	11	126	138	156	168
20	10	114	123	135	144
40	7	87	96	105	114
60	6	73	81	91	100
120	3	45	51	58	63
240	2	27	30	35	40

Sumber : Subarkah, 1980

2. Metode Bell

Untuk keperluan analisis frekuensi hujan, haruslah tersedia data hujan selama selang waktu yang cukup

panjang. Bila data ini tak tersedia, bila diketahui besarnya curah hujan 1 jam (60 menit) dengan periode ulang 10 tahun sebagai dasar, maka suatu rumus empiris yang diberikan oleh Bell dapat dipakai untuk menentukan curah hujan dari 5–120 menit dengan periode ulang 2–100 tahun.

Hubungan ini diturunkan dari analisis curah hujan pada 157 stasiun dan tes statistik yang dapat dipergunakan di seluruh dunia. Rumusnya:

$$R_T^t = (0,21 \cdot \ln(T) + 0,52) \cdot (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50) \cdot R_{10\text{-tahun}}^{60\text{-menit}}$$

Dimana :

R : curah hujan (mm).

T : Periode Ulang Hujan.

t : durasi hujan (menit).

Perhitungan intensitas hujan menurut Bell, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_t^t = \frac{60}{t} \cdot R_T^t \left(\frac{mm}{jam} \right) \dots\dots\dots(14)$$

3. Metode Hasper Weduwen

Penurunan rumus diperoleh berdasarkan kecenderungan curah hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi simetris dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai 24 jam.

3.2.4 Analisis Lengkung Intensitas Hujan

Persamaan intensitas hujan terhadap variabel t umumnya untuk perhitungan debit air hujan dengan rumus:

$$I = R/t$$

Semakin besar nilai t, maka intensitas hujan makin kecil. Penentuan rumus intensitas hujan yang akan dipakai dipilih berdasarkan selisih terkecil antara intensitas hasil analisis dengan intensitas teoritis. Untuk menghitung intensitas hujan, dimana harga 1 bervariasi dapat dipakai 3 rumus perhitungan, yaitu:

1. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

$$a = \frac{(\sum I \cdot t)(\sum I^2) - (\sum I^2 \cdot t)(\sum I)}{(N \cdot \sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(16)$$

$$b = \frac{(\sum I) \cdot (\sum I \cdot t) - N(\sum I^2 \cdot t)}{(N \cdot \sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(17)$$

2. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana:

$$a = \frac{(\sum I \sqrt{t} \cdot \sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t} \cdot \sum I)}{N \cdot \sum I^2 - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(19)$$

$$b = \frac{(\sum I \cdot \sum I \sqrt{t}) - N \cdot (\sum I^2 \sqrt{t})}{N \sum I^2 - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

- I : intensitas hujan (mm/jam).
- t : durasi hujan (menit).
- a, b, n : konstanta.
- N : banyaknya data.

3. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana:

$$\log a = \frac{(\sum \log I) \cdot (\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \sum \log I) \cdot (\sum \log t)}{N \cdot \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

$$n = \frac{(\sum \log I \cdot \sum \log t) - n \cdot (\sum \log t \cdot \sum \log I)}{N \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

Untuk pemilihan rumus intensitas hujan dari ketiga rumus diatas, maka harus dicari selisih terkecil antara I asal dan I teoritis berdasarkan rumus diatas. Persamaan intensitas dengan selisih terkecil itulah yang dipakai untuk perhitungan debit.

3.3.8 Koefisien Aliran Rata-Rata (C)

Pengaliran adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kualitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Koefisien air larian atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan (Asdak, 2006).

Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Daerah bervegetasi umumnya mempunyai nilai C kecil, sedang pada daerah pembangunan dengan sebagian besar tanah beraspal atau bentuk permukaan tanah kedap jenis lainnya mempunyai nilai C.besar. Rumus perhitungan nilai C rata-rata :

Keterangan:

$$C \text{ Rata-Rata} = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2) + (C3 \times A3) + \dots (Cn \times An)}{(A1 + A2 + A3 + \dots An)} ..$$

C Rata-Rata = koefisien rata-rata tertimbang

C1, C2, ...Cn = harga koefisien aliran sesuai penggunaan lahan

A1, A2, ... An = luas masing-masing penggunaan lahan.

3.2.5 Debit Limpasan Air Hujan

Beberapa metode yang bisa digunakan untuk menghitung debit limpasan:

Metode Rasional.

Metode ini hanya berlaku untuk menghitung limpasan hujan untuk daerah aliran sampai dengan 80 ha, sedangkan untuk daerah yang lebih luas (> 80 ha) digunakan metode rasional yang dimodifikasi.

- Metode Rasional (<80 ha):

$$Q = 0,0278.C.I.A \dots\dots\dots(22)$$

- Metode Rasional yang dimodifikasi (>80 ha):

$$Q = 0,0278.C_s..C.I.A \dots\dots\dots(23)$$

$$C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d} \dots\dots\dots(24)$$

Dimana:

- Q : debit aliran (m³/det).
- C : koefisien pengaliran, nilainya berbeda-beda sesuai dengan tata guna lahan dan faktor-faktor yang berkaitan dengan aliran permukaan di dalam sungai terutama kelembaban tanah. Harga C biasanya diambil untuk tanah jenuh pada waktu permulaan hujan.
- C_s : koefisien penampungan atau storage coefficient.
- I : rata-rata intensitas hujan (mm/jam).
- A : luas daerah tangkap (km²).

Waktu yang diperlukan air hujan dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (t_d) ditentukan oleh karakteristik hidrolis di dalam saluran dimana rumus pendekatannya adalah:

$$t_d = \frac{Ld}{V} \dots\dots\dots(25)$$

Dimana:

- L : panjang saluran (m).
- V : kecepatan aliran (m/det).

Untuk mencari nilai V dapat digunakan rumus kecepatan Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(26)$$

Dimana:

- n : harga kekasaran saluran
- R : radius hidrolis
- S : kemiringan medan atau slope

Lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik pengamatan oleh air hujan yang jatuh di tempat terjauh dari titik pengamatan disebut waktu konsentrasi atau time of concentration (tc). Waktu konsentrasi merupakan penjumlahan antara waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematasan untuk masuk kedalam saluran (to) dengan waktu yang dibutuhkan oleh air yang masuk ke dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (td) sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(27)$$

Waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematasan untuk masuk ke dalam saluran (to), dipengaruhi oleh :

- Kekasaran permukaan tanah yang dilewati dapat menghambat pengaliran.
- Kemiringan tanah mempengaruhi kecepatan pengaliran di atas permukaan.
- Adanya lekukan pada tanah menghambat dan mengurangi jumlah air yang mengalir.
- Ukuran luas daerah aliran dan karak dari street inlet juga berpengaruh terhadap lamanya waktu pengaliran tersebut.
- Dalam mencari besarnya to pada perhitungan kapasitas saluran dapat digunakan beberapa rumus di bawah ini:
 - a. Berlaku untuk daerah pengaliran dengan tali air sepanjang ± 300 m.

$$t_o = \frac{3,26 \cdot (Li - c) \cdot (Lo)^{\frac{1}{2}}}{S_o^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots(28)$$

Dimana:

- to : waktu limpasan (menit).
 c : angka pengaliran.
 Lo : panjang limpasan (m).
 So : kemiringan medan / slope (m/m).

- b. Berlaku untuk daerah dengan panjang tali air sampai dengan 1000 m.

$$t_o = \frac{108n \cdot (L_o)^{\frac{1}{3}}}{S_o^{\frac{1}{5}}} \dots\dots\dots(28)$$

Dimana:

- to : waktu limpasan (menit).
 n : harga kekasaran permukaan tanah.
 Lo : panjang limpasan (m).
 So : kemiringan medan atau slope

Berikut adalah nilai kekasaran muka tanah berdasarkan jenis permukaan tanah yang dapat dilihat pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Kekasaran Muka Tanah

No	Jenis Permukaan Tanah	n
1	Permukaan diperkeras	0,013
2	Permukaan tanah terbuka	0,0275
3	Permukaan berumput sedikit	0,035
4	Permukaan berumput sedang	0,045
5	Permukaan berumput tebal	0,060

Sumber: Masduqi, 2005

- c. Berlaku untuk umum, baik untuk limpasan maupun waktu konsentrasi.

$$t_c = \frac{92,7 \cdot L}{A^{0,1} \cdot S_r^{0,2}} \dots\dots\dots(29)$$

Dimana:

- tc : waktu konsentrasi (menit).
 L : jumlah panjang (ekivalen) aliran
 (Km).
 A : luas daerah pengaliran kumulatif (Ha).
 Sr : kemiringan atau slope rata – rata
 (m/m).

- d. Waktu untuk mengalir dalam saluran (td).

$$t_d = \frac{L}{V} \text{ (detik)} \dots\dots\dots(30)$$

atau

$$t_d = \frac{L}{V} \cdot \frac{1}{60} \text{ (menit)} \dots\dots\dots(31)$$

Dimana:

- L : panjang saluran (m).
 V : kecepatan aliran (m/detik).

3.2.6 Kecepatan Aliran

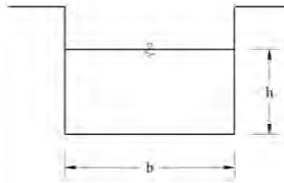
Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran dapat dihitung dengan rumus manning yang digunakan dalam menentukan kecepatan rencana atau awal. Rumus yang digunakan antara lain:

1. Untuk saluran berpenampang segiempat:

$$A = b \times h \dots\dots\dots(32)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots(33)$$

Untuk sketsa saluran berpenampang segiempat dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Penampang Saluran Segiempat

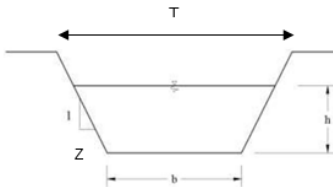
Untuk saluran berpenampang trapesium

$$Z = (T-b)/(2.h) \dots\dots\dots(33)$$

$$A = (b + Z.h).h \dots\dots\dots(34)$$

$$P = b + 2h(1 + Z^2)^{1/2} \dots\dots\dots(35)$$

Untuk sketsa saluran berpenampang trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Penampang Saluran Trapesium

$$S = \frac{h}{L} \dots\dots\dots(36)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(37)$$

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(38)$$

Dimana:

- A : luas penampang basah (m²).
- b : lebar saluran (m)
- h : elevasi muka air (m)
- T : lebar atas saluran (m)
- b : lebar bawah saluran (m)

L	: panjang saluran (m)
Z	: kemiringan dinding saluran
V	: kecepatan rata-rata dalam saluran (m/det).
n	: koefisien kekasaran Manning.
R	: jari-jari hidrolis (m).
S	: kemiringan dasar saluran (m/m).
P	: keliling basah (m)

Penentuan kecepatan eksisting suatu saluran dapat diketahui dengan observasi lapangan sesuai Standard Nasional Indonesia 8066:2015 tentang Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Sesuai SNI tersebut bahwa kecepatan aliran sungai atau saluran terbuka dapat ditentukan dengan cara mengukur langsung.

3.2.7 Debit Saluran

Rumus yang digunakan untuk perhitungan debit saluran digunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning, yaitu:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(39)$$

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(40)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \dots\dots\dots(41)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(42)$$

Dimana:

Q	: debit air yang disalurkan (m ³ /det).
V	: kecepatan rata-rata dalam saluran
n	: koefisien kekasaran Manning.
A	: luas penampang basah (m ²).
R	: jari-jari hidrolis (m).
S	: kemiringan dasar saluran (m/m).

Sesuai dengan sifat bahan saluran yang dipakai untuk kota, maka beberapa harga n tercantum seperti dalam Tabel 3.8

Tabel 3.8 Koefisien Kekasaran Manning

Jenis Saluran		n
Saluran galian	Saluran tanah	0,022
	Saluran pada batuan, digali merata	0,035
Saluran Alam	Berumput	0,027
	Semak-semak	0,050
	Tidak berarutan, banyak semak dan pohon batang	0,100
	Pohon banyak jatuh ke saluran	0,150
Perkerasan	Lapisan beton seluruhnya	0,015
	Lapisan beton pada kedua sisi saluran	0,020
	Pasangan batu, diplester	0,020
	Pasangan batu, diplester pada kedua sisi saluran	0,022
	Pasangan batu, disiar	0,025
	Pasangan batu kosong	0,030

Sumber: Subarkah, 1980

3.3 Perhitungan Debit Air Limbah

Air buangan adalah cairan buangan yang merupakan sisa dari aktivitas manusia yang telah mengalami penurunan kualitas, yang komposisinya merupakan bahan yang membahayakan bagi kesehatan manusia, baik langsung maupun tidak langsung. Pembuangan sistem jaringan penyaluran air buangan adalah dimaksudkan untuk menyalurkan dan mengalirkan semua air buangan yang berasal dari berbagai sumber air buangan ke suatu badan air penerima. Debit air buangan merupakan hal yang pokok di dalam perencanaan sistem air buangan. Besarnya debit air buangan dihitung berdasarkan air buangan dari daerah rumah tangga, industri, komersial dan lain-lain.

Langkah-langkah dalam perencanaan air buangan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah penduduk
2. Jumlah fasilitas
3. Unit kebutuhan air non domestik
4. Topografi
5. Konsumsi air bersih
6. Topografi
7. Utilitas yang ada

Dalam perhitungan debit air buangan diperlukan data mengenai konsumsi air bersih pada wilayah tersebut, karena debit air buangan dihitung berdasarkan kebutuhan air bersih. Rumus untuk perhitungan debit air buangan adalah sebagai berikut:

$$Q_{av} = 80\% \times Q_{ab} \dots\dots\dots(43)$$

Dengan : Q_{av} = debit air buangan rata-rata per hari (m^3 /dt)

Q_{ab} = debit air bersih rata-rata per hari (m^3 /dt)

$$Q_{ab} = Q_{dom} + Q_{non.dom} \dots\dots\dots (44)$$

Q_{dom} = jumlah penduduk x unit kebutuhan air

$Q_{non.dom}$ = jumlah fasilitas x unit kebutuhan air

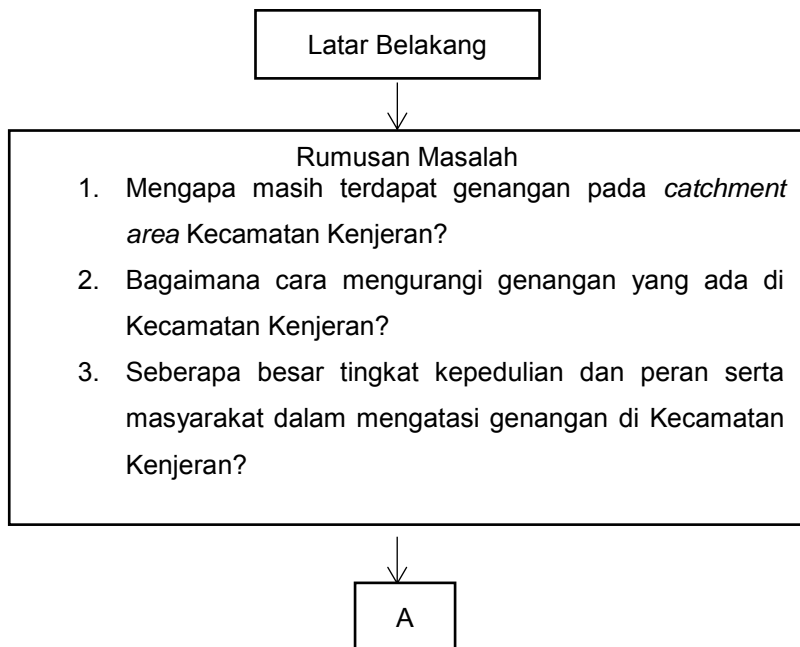
BAB IV METODE PERENCANAAN

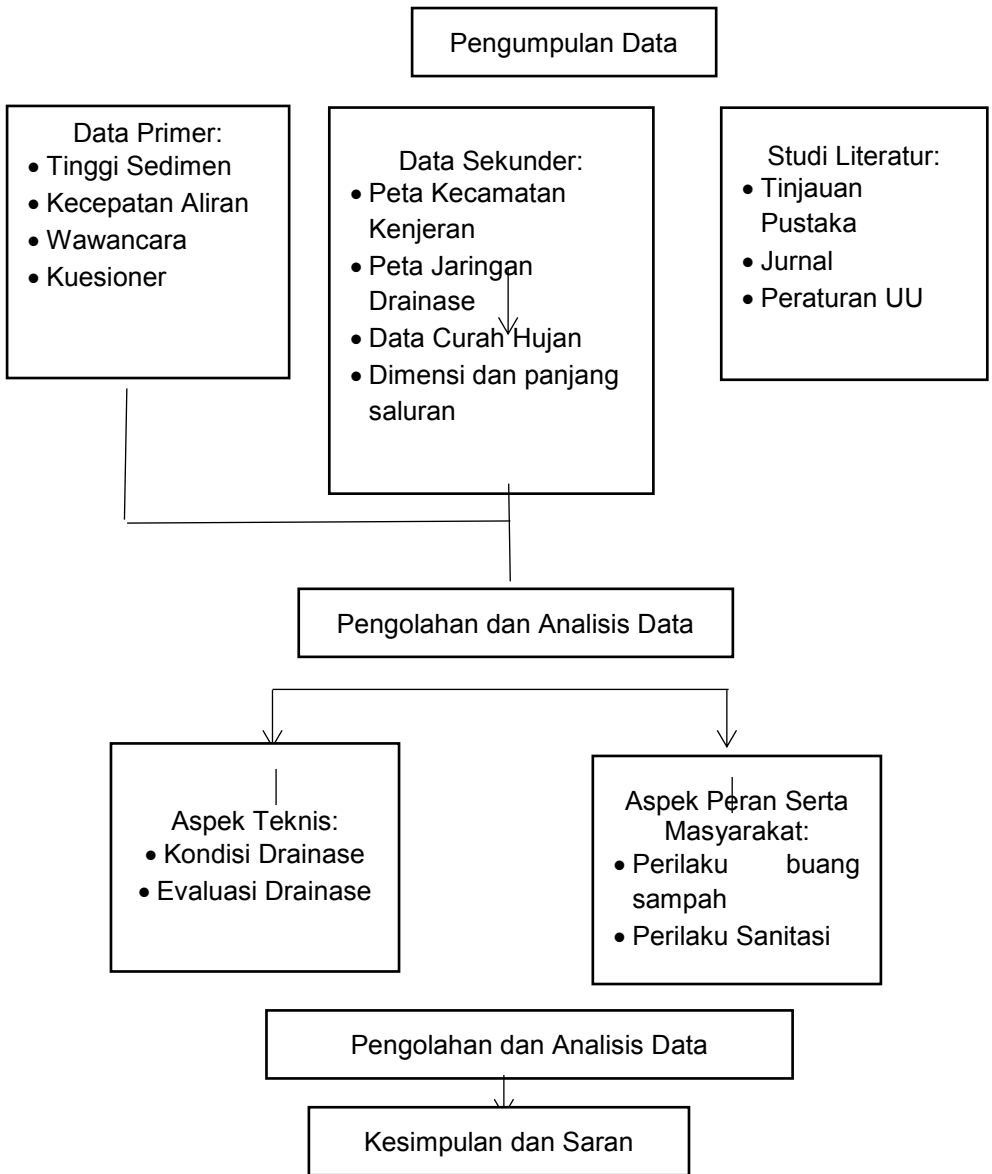
4.1 Umum

Perencanaan ini dilaksanakan di Kecamatan Kenjeran. Tujuan dari perencanaan tugas akhir ini adalah mengevaluasi saluran di Kecamatan Kenjeran dan memberikan saran dan cara untuk mengurangi genangan tersebut.

4.2 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan adalah tahapan kegiatan yang akan dilakukan dalam perencanaan. Tujuan dari kerangka penlitian ini adalah untuk mempermudah proses pengerjaan perencanaan. Alur kerangka penelitian tercantum dalam Gambar 4.1





Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan

1. Permasalahan

Masih terdapat genangan pada *catchment area* di Kecamatan Kenjeran, Surabaya

2. Ide Tugas Akhir

Kajian Genangan dan Upaya Pengelolaannya di Kecamatan Kenjeran, Surabaya.

2. Studi Literatur

Studi literatur dalam tugas akhir ini adalah meliputi analisis hidrologi, Studi literatur didapatkan dari buku, artikel, jurnal, peraturan pemerintah, SNI, dan perencanaan terdahulu.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang berkaitan dengan drainase di Kecamatan Kenjeran. Ada dua jenis data yang dibutuhkan, yaitu data primer dan data sekunder.

Data Primer yang dibutuhkan adalah:

- Tinggi sedimen
- Kecepatan aliran
- Wawancara dan kuesioner

Data Sekunder yang dibutuhkan adalah:

- Peta Kecamatan Kenjeran
- Peta jaringan drainase sistem pematasan Surabaya Utara.
- Data curah hujan
- Panjang dan lebar saluran drainase

Pengumpulan data primer berupa kuesiner dengan cara

wawancara secara langsung kepada responden dan pengamatan langsung di lokasi penelitian.

Untuk jumlah kuesioner yang dibutuhkan untuk penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rumus :

$$n = Np (1 - p) / (N - 1) D + p (1 - p)$$

$$D = B^2 / t^2$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi rumah

p = rasio dari unsur dalam sampel yang diinginkan (p=0,5)

B= tingkat kesalahan tiap sampel (5%)

t = tingkat kepercayaan (95%)

Berdasarkan dari rumus diatas dengan jumlah penduduk Kecamatan Kenjeran 147592 jiwa, dengan jumlah populasi rumah sebanyak 29815 unit, maka didapatkan jumlah responden sebanyak 62 responden. Peneliti merencanakan jumlah responden sebanyak 80 responden yang tersebar di daerah yang terkena dampak genangan di beberapa titik genangan yang ada di Kecamatan Kenjeran.

4. Pengolahan dan Analisis Data

Kualitas data yang diperoleh mempengaruhi tingkat keberhasilan suatu penelitian. Analisis yang dilakukan adalah analisis saluran drainase di Kecamatan Kenjeran, Surabaya.

- Aspek Teknis

Analisis teknis dengan meninjau kondisi eksisting saluran drainase Kecamatan Kenjeran dari data eksisting yang ada.

- Aspek Peran Serta Masyarakat

Peran serta masyarakat dilakukan tinjauan kemampuan masyarakat dalam hal keikutsertaan dalam menjaga lingkungan di Kecamatan Kenjeran.

Tabel 4.1 Klasifikasi Pengolahan dan Analisis Data Dari Peran Serta Masyarakat

No	Kriteria	Penjelasan
1	Indikator	Budaya, karakteristik, pemahaman dan peran serta masyarakat.
2	Alat dan Bahan	Pengamatan lapangan, kuesioner dan wawancara, dokumentasi
3	Data Primer	Wawancara dan kuesioner, pengamatan secara langsung.
4	Metode Pengolahan Data	Analisis Deskriptif

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengolahan dan analisis data yang telah dibuat,

kemudian dilakukan kesimpulan dan saran untuk dijadikan pertimbangan sebagai bahan masukan untuk dinas yang berkepentingan.

BAB V

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hidrologi

Perhitungan analisis hidrologi membutuhkan beberapa data curah hujan harian maksimum pada stasiun hujan terdekat dengan di wilayah Kenjeran. yaitu Stasiun Kedung Cowek, Hujan Gubeng, Stasiun Hujan Perak, dan Stasiun Hujan Larangan. Dipilihnya keempat stasiun hujan tersebut berdasarkan pada luas daerah pengaruh yang diwakili masing-masing stasiun hujan mencakupi wilayah studi yang dibuktikan dengan terbentuknya sebuah polygon tertutup. Berikut ini adalah data curah hujan harian maksimum keempat stasiun hujan yang diambil berdasarkan data 10 tahun terakhir yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Stasiun Curah Hujan Harian Maksimum Terpilih

Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)			
	ST. Kedung Cowek	ST.Gubeng	ST.Perak	ST.Larangan
	(ST.A)	(ST.B)	(ST.C)	(ST.D)
2007	56	81	89	107
2008	84	61	53	87
2009	100	83	92	107
2010	123	99	109	127
2011	79	67	110	49
2012	51	81	94	67
2013	73	127	129	99
2014	62	86	103	85
2015	54	87	139	63
2016	103	104	115	118

Sumber: UPT Balai Pengairan Surabaya, 2017

5.1.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan dimulai tahun 2007 sampai 2016. Dari data sekunder tersebut yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum untuk

perencanaan. Berikut adalah perhitungan jumlah data curah hujan pada masing-masing stasiun pengamat yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Jumlah Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)			
		ST. Kedung Cowek	ST.Gubeng	ST.Perak	ST.Larangan
		(ST.A)	(ST.B)	(ST.C)	(ST.D)
1	2007	56	81	89	107
2	2008	84	61	53	87
3	2009	100	83	92	107
4	2010	123	99	109	127
5	2011	79	67	110	49
6	2012	51	81	94	67
7	2013	73	127	129	99
8	2014	62	86	103	85
9	2015	54	87	139	63
10	2016	103	104	115	118
Jumlah		785	876	115	118

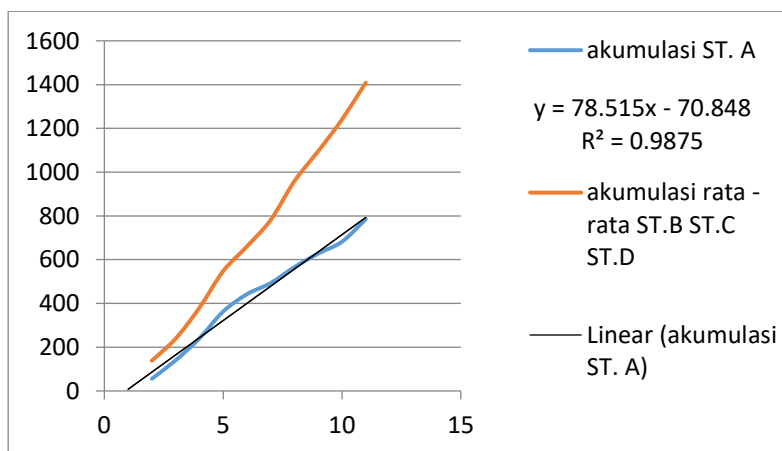
5.1.2 Perhitungan Uji Konsistensi Data Hujan

Pengujian konsistensi suatu stasiun hujan dibuat grafik dimana sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya sedangkan sumbu y merupakan akumulasi dari data hujan rata-rata stasiun pembanding. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Kedung Cowek yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Kedung Cowek

No	TAHUN	ST A	akumulasi ST. A	ST B	ST C	ST D	Jumlah ST.B ST.C ST D(mm)	rata-rata ST.B ST.C ST.D	akumulasi rata - rata ST.B ST.C ST.D
		(mm)		(mm)	(mm)	(mm)			
1	2007	56	56	81	89	107	277	138,50	138,50
2	2008	84	140	61	53	87	201	100,50	239,00
3	2009	100	240	83	92	107	282	141,00	380,00
4	2010	123	363	99	109	127	335	167,50	547,50
5	2011	79	442	67	110	49	226	113,00	660,50
6	2012	51	493	81	94	67	242	121,00	781,50
7	2013	73	566	127	129	99	355	177,50	959,00
8	2014	62	628	86	103	85	274	137,00	1096,00
9	2015	54	682	87	139	63	289	144,50	1240,50
10	2016	103	785	104	115	118	337	168,50	1409,00

Tabel uji konsistensi diatas kemudian dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Kedung Cowek dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Hujan Gubeng, Stasiun Hujan Perak dan Stasiun Hujan Larangan, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Kedung Cowek. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Kedung Cowek dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Kedung Cowek

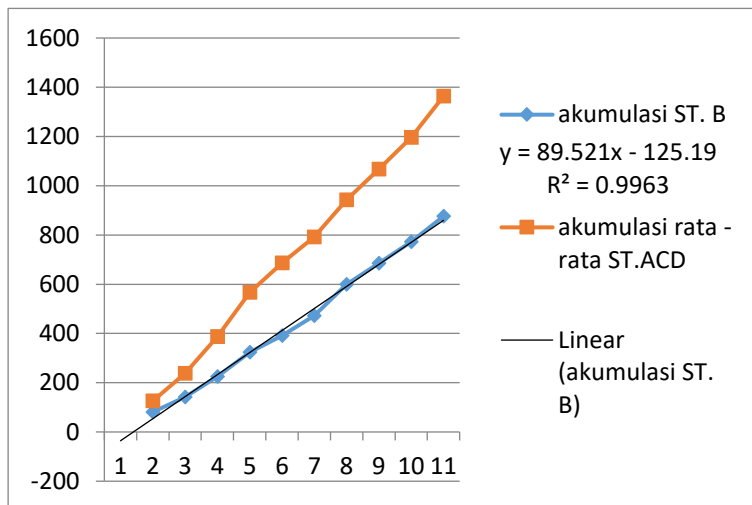
Grafik di atas dapat disimpulkan bahwa data hujan stasiun Kedung Cowek linier dengan didapatkan nilai regresi mendekati 1 atau 0,98.

Cara yang sama untuk stasiun hujan Gubeng dibuat grafik dengan sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya dan sumbu y merupakan akumulasi data hujan rata-rata stasiun pembanding. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Gubeng yang dapat dilihat pada Tabel 5.4:

Tabel 5.4 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Gubeng

No	TAHUN	ST A	ST B	akumulasi ST. B	ST C	ST D (mm)	Jumlah ST.A ST.C ST D (mm)	rata-rata ST.A ST.C ST D	akumulasi rata - rata ST.ACD
		(mm)	(mm)		(mm)				
1	2007	56	81	81	89	107	252	126	126
2	2008	84	61	142	53	87	224	112	238
3	2009	100	83	225	92	107	299	150	388
4	2010	123	99	324	109	127	359	180	567
5	2011	79	67	391	110	49	238	119	686
6	2012	51	81	472	94	67	212	106	792
7	2013	73	127	599	129	99	301	151	943
8	2014	62	86	685	103	85	250	125	1068
9	2015	54	87	772	139	63	256	128	1196
10	2016	103	104	876	115	118	336	168	1364

Tabel uji konsistensi diatas dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Gubeng dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Perak, dan Stasiun Hujan Larangan, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Gubeng. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Gubeng dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Gubeng.

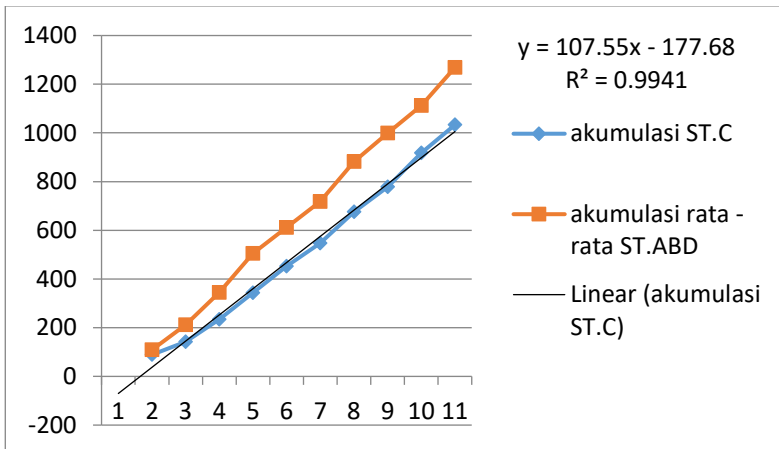
Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan Stasiun gubeng linier dengan dipertunjukkannya nilai regresi mendekati 1 atau 0,99.

Dengan cara yang sama untuk stasiun hujan Perak dibuat grafik dengan sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya dan sumbu y \merupakan akumulasi data hujan rata-rata stasiun pembanding. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Perak yang dapat dilihat pada Tabel 5.5:

Tabel 5.5 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Perak

No	TAHUN	ST A	ST B	ST C	akumulasi ST.C	ST D (mm)	Jumlah ST.A ST.B ST D (mm)	rata-rata ST.ABD	akumulasi rata - rata ST.ABD
		(mm)	(mm)	(mm)					
1	2007	56	81	89	89	107	218	109	109
2	2008	84	61	53	142	87	206	103	212
3	2009	100	83	92	234	107	266	133	345
4	2010	123	99	109	343	127	321	161	506
5	2011	79	67	110	453	49	213	107	612
6	2012	51	81	94	547	67	213	107	719
7	2013	73	127	129	676	99	327	164	882
8	2014	62	86	103	779	85	234	117	999
9	2015	54	87	139	918	63	228	114	1113
10	2016	103	104	115	1033	118	311	156	1269

Tabel uji konsistensi tersebut dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Perak dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Gubeng, dan Stasiun Hujan Larangan, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Gubeng. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Gubeng dapat dilihat pada Gambar 5.3:



Gambar 5.3 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Perak

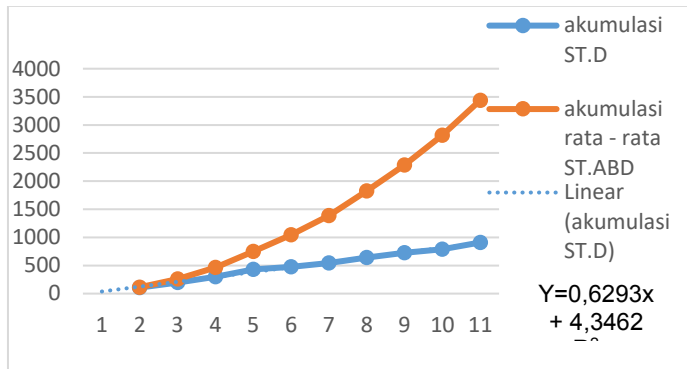
Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan Stasiun Perak linier dengan dipertunjukkannya nilai regresi mendekati 1 atau 0,99.

Cara yang sama juga untuk stasiun hujan Larangan dibuat grafik dengan sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya dan sumbu y merupakan akumulasi data hujan rata-rata stasiun pembanding. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Larangan yang dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Larangan

No	TAHUN	ST A	ST B	ST C	ST D (mm)	akumulasi ST.D	Jumlah ST.A ST.B ST D (mm)	rata-rata ST.ABD	akumulasi rata - rata ST.ABD
		(mm)	(mm)	(mm)					
1	2006	56	81	89	107	107	226	113	113
2	2007	84	61	142	87	194	287	144	257
3	2008	100	83	234	107	301	417	209	465
4	2009	123	99	343	127	428	565	283	748
5	2010	79	67	453	49	477	599	300	1047
6	2011	51	81	547	67	544	679	340	1387
7	2012	73	127	676	99	643	876	438	1825
8	2013	62	86	779	85	728	927	464	2288
9	2014	54	87	918	63	791	1059	530	2818
10	2015	103	104	1033	118	909	1240	620	3438

Tabel uji konsistensi diatas kemudian dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Larangan dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Gubeng, dan Stasiun Hujan Perak, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Larangan. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Larangan dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Larangan.

Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan Stasiun Gubeng linier dengan dipertunjukkannya nilai regresi mendekati 1 atau 0,99.

5.1.3 Perhitungan Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk menghindari adanya ketidaksamaan data, dimana jika terjadi hal tersebut mengakibatkan penyimpangan data hasil perhitungan. Tahapan perhitungan dari uji homogenitas ini yaitu hasil perhitungan rata-rata pertahun di urutkan dari nilai yang paling besar sampai yang terkecil. Selanjutnya R dari tahun 2006 sampai tahun 2015 di cari rata-ratanya. Setelah diketahui rata-ratanya, masing-masing R di setiap tahunnya di kurangi rata-ratanya. Hasilnya kemudian di kuadratkan. Perhitungan dilakukan untuk mencari standar deviasi (δ).

Berikut adalah perhitungan untuk uji homogenitas masing-

masing stasiun:

1. Stasiun Hujan Kedung Cowek

- Menghitung R:

$$R = \left[\frac{\Sigma(R_i)}{n} \right]$$

Tabel 5.7 Perhitungan R dan $(R_i - R)^2$ Stasiun Hujan Kedung Cowek

ranking	Data (Ri)	(Ri-R)	(Ri-R) ²
1	123	44,5	1980,25
2	103	24,5	600,25
3	100	21,5	462,25
4	84	5,5	30,25
5	79	0,5	0,25
6	73	-5,5	30,25
7	62	-16,5	272,25
8	56	-22,5	506,25
9	54	-24,5	600,25
10	51	-27,5	756,25
jumlah	785		5238,50
rata2 (R)	78,5		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\Sigma(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

$$\left[\frac{5328,5}{10 - 1} \right]^{1/2} = 24,13$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean dan Standard Deviation* di halaman 55, diperoleh nilai ($\sigma_n = 0,9496$ dan $Y_n = 0,4952$):

$$\begin{aligned}
 1/a &= \frac{\sigma R}{\sigma_n} \\
 &= \frac{24,13}{0,9496} = 25,41 \\
 \mu &= R - \frac{1}{a} \cdot Y_n \\
 &= 78,5 - (25,41 \times 0,4952) \\
 &= 65,92
 \end{aligned}$$

- Persamaan regresi:

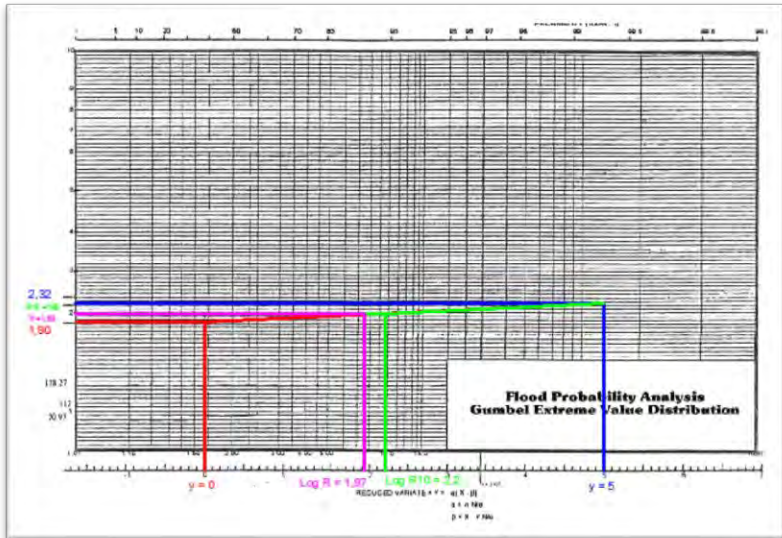
$$\begin{aligned}
 \bar{R} &= \mu + \frac{1}{a} \cdot Y \\
 &= 65,92 + 25,41 Y
 \end{aligned}$$

Maka,

Jika $Y_1 = 0$, $R_1 = 65,92$: $\text{Log } R_1 = 1,82$

Jika $Y_2 = 5$, $R_2 = 192,95$: $\text{Log } R_5 = 2,29$

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 12, diketahui nilai ($\text{Log } R_{10} = 2,22$). Selanjutnya, nilai R_1 dan R_2 diplot pada grafik Gumbels probability yang dapat dilihat pada Gambar 5.4



Gambar 5.5 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Kedung Cowek

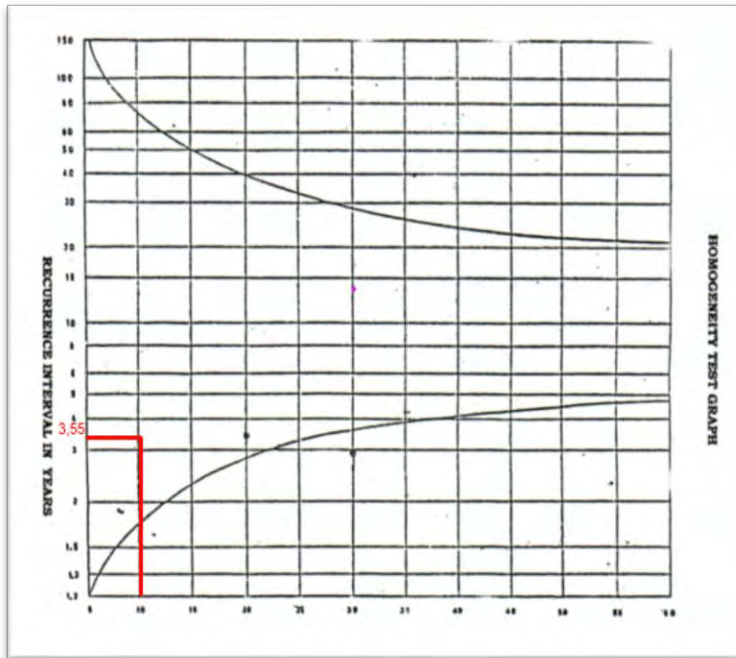
Grafik diatas diperoleh $\text{Log } R_{10} = 2,2$, $R_{10} = 166$, $Tr = 1,98$
Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat.

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} x Tr$$

$$= \frac{166}{78,5} x 1,98$$

$$= 4,19$$

Sehingga titik homogenitas Stasiun Kedung Cowek berada pada koordinat $(n, T_R) = (10; 4,19)$, dimana data berada pada range homogen yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Kedung Cowek

Gambar diatas menunjukkan data hujan stasiun Kedung Cowek yang digunakan homogen.

2. Stasiun Hujan Gubeng

- Menghitung R:

$$R = \left[\frac{\sum(R_i)}{n} \right]$$

Tabel 5.8 Perhitungan R dan (RI-R)² Stasiun Gubeng

Ranking	Data (Ri)	(Ri-R)	(Ri-R) ²
1	127	39,4	1552,36
2	104	16,4	268,96
3	99	11,4	129,96
4	87	-0,6	0,36
5	86	-1,6	2,56
6	83	-4,6	21,16
7	81	-6,6	43,56
8	81	-6,6	43,56
9	67	-20,6	424,36
10	61	-26,6	707,56
jumlah	876		3194,40
rata2	87,6		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum (R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

$$\left[\frac{3194,4}{10-1} \right]^{1/2} = 18,84$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean* dan *Standard Deviation* di halaman 55, diperoleh nilai ($\sigma_n = 0,9496$ dan $Y_n = 0,4952$):

$$\begin{aligned} 1/a &= \frac{\sigma_R}{\sigma_n} \\ &= \frac{18,84}{0,9496} = 19,84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= R - \frac{1}{a} \cdot Y_n \\ &= 87,6 - (19,84 \times 0,4952) \\ &= 77,78 \end{aligned}$$

- Persamaan regresi:

$$\bar{R} = \mu + \frac{1}{a} \cdot Y$$

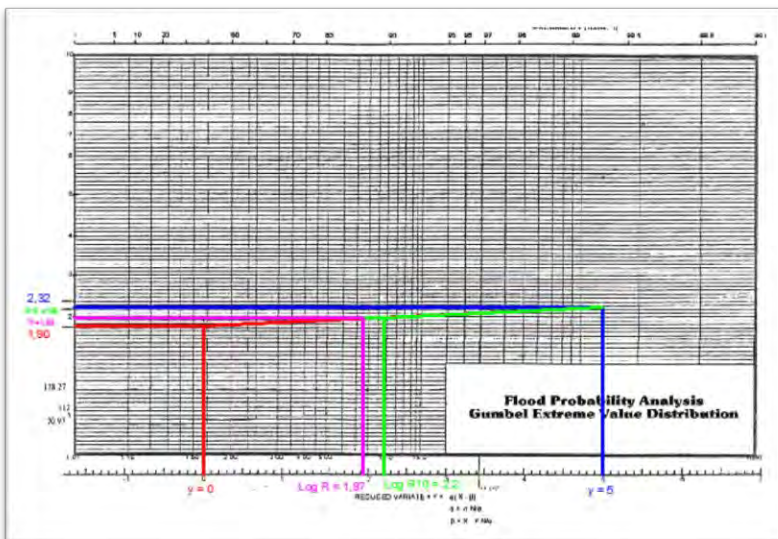
$$= 77,78 + 18,84 Y$$

Maka,

Jika $Y_1 = 0$, $R_1 = 77,78$: $\text{Log } R_1 = 1,94$

Jika $Y_2 = 5$, $R_2 = 176,97$: $\text{Log } R_2 = 2,25$

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 12, diketahui nilai ($\text{Log } R_{10} = 2,22$). Selanjutnya, nilai R_1 dan R_2 diplot pada grafik Gumbels probability yang dapat dilihat pada Gambar 5.7

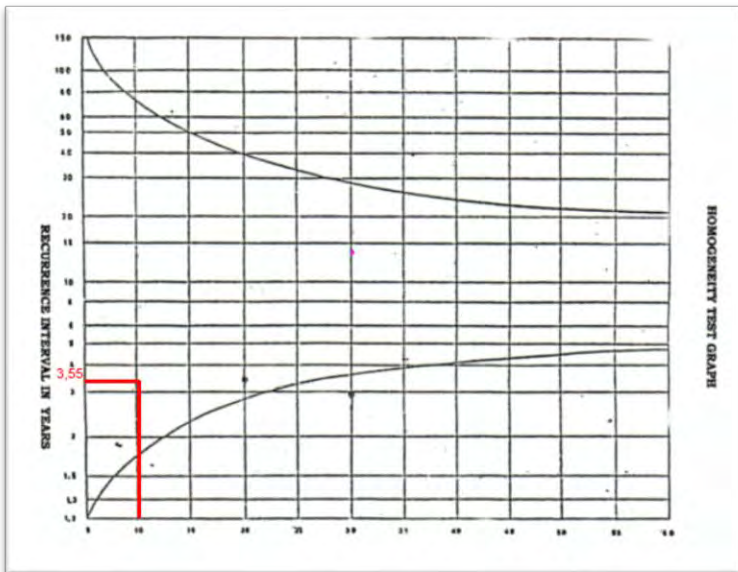


Gambar 5.7 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Gubeng

Grafik diatas diperoleh $\text{Log } R_{10} = 2,2$, $R_{10} = 166$, $Tr = 1,97$ Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat.

$$\begin{aligned}
 T_R &= \frac{R_{10}}{R} x Tr \\
 &= \frac{166}{87,6} x 1,97 \\
 &= 3,73
 \end{aligned}$$

Sehingga titik homogenitas Stasiun Gubeng berada pada koordinat $(n, T_R) = (10; 3,73)$, dimana data berada pada range homogen yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar diatas menunjukkan data hujan stasiun Gubeng yang digunakan homogen.

3. Stasiun Hujan Perak

- Menghitung R:

$$R = \left[\frac{\sum(R_i)}{n} \right]$$

Tabel 5.9 Perhitungan R dan (RI-R)² Stasiun Perak

Ranking	Data (Ri)	(Ri-R)	(Ri-R) ²
1	139	35,7	1274,49
2	129	25,7	660,49
3	115	11,7	136,89
4	110	6,7	44,89
5	109	5,7	32,49
6	103	-0,3	0,09
7	94	-9,3	86,49
8	92	-11,3	127,69
9	89	-14,3	204,49
10	53	-50,3	2530,09
jumlah	1033		5098,10
rata2	103,3		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

$$\left[\frac{5098,1}{10-1} \right]^{1/2} = 10,71$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean* dan *Standard Deviation* di halaman 55, diperoleh nilai ($\sigma_n = 0,9496$ dan $Y_n = 0,4952$):

$$1/a = \frac{\sigma_R}{\sigma_n}$$

$$= \frac{10,71}{0,9496} = 11,28$$

$$\begin{aligned}\mu &= R - \frac{1}{a} \cdot Y_n \\ &= 103,3 - (11,28 \times 0,4952) \\ &= 97,71\end{aligned}$$

- Persamaan regresi:

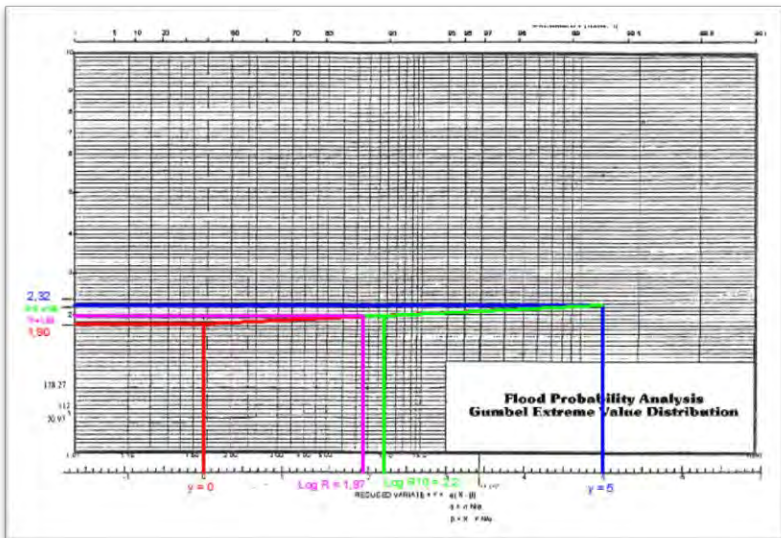
$$\bar{R} = \mu + \frac{1}{a} \cdot Y = 103,3 + 11,28 Y$$

Maka,

Jika $Y_1 = 0$, $R_1 = 97,71$: $\text{Log } R_1 = 1,99$

Jika $Y_2 = 5$, $R_2 = 154,12$: $\text{Log } R_5 = 2,19$

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 12, diketahui nilai ($\text{Log } R_{10} = 2,22$). Selanjutnya, nilai R_1 dan R_2 diplot pada grafik Gumbels probability yang dapat dilihat pada Gambar 5.9



Gambar 5.9 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Perak

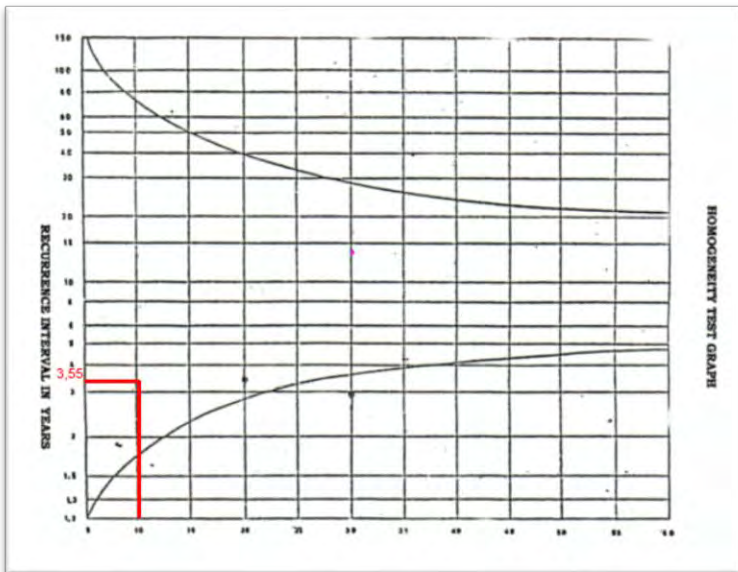
Grafik diatas diperoleh Log R10 = 2,2, R10 = 166, Tr = 1,96
Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat.

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} x Tr$$

$$= \frac{166}{103,3} x 1,96$$

$$= 3,15$$

Sehingga titik homogenitas Stasiun Perak berada pada koordinat (n,Tr) = (10;3,15), dimana data berada pada range homogen yang dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Perak

Gambar diatas menunjukkan data hujan stasiun Perak yang digunakan homogen.

4. Stasiun Hujan Larangan

- Menghitung R:

$$R = \left[\frac{\Sigma(R_i)}{n} \right]$$

Tabel 5.10 Perhitungan R dan (Ri-R)² Stasiun Larangan

Ranking	Data (Ri)	(Ri-R)	(Ri-R) ²
1	127	36,1	1303,21
2	118	27,1	734,41
3	107	16,1	259,21
4	107	16,1	259,21
5	99	8,1	65,61
6	87	-3,9	15,21
7	85	-5,9	34,81
8	67	-23,9	571,21
9	63	-27,9	778,41
10	49	-41,9	1755,61
jumlah	909		5776,90
rata2	90,9		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\Sigma(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

$$\left[\frac{5776,9}{10-1} \right]^{1/2} = 10,05$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean dan Standard Deviation* di halaman 55, diperoleh nilai ($\sigma_n = 0,9496$ dan $Y_n = 0,4952$):

$$1/a = \frac{\sigma_R}{\sigma_n}$$

$$= \frac{10,05}{0,9496} = 10,58$$

$$\begin{aligned}\mu &= R - \frac{1}{a} \cdot Y_n \\ &= 90,9 - (10,58 \times 0,4952) \\ &= 80,9\end{aligned}$$

- Persamaan regresi:

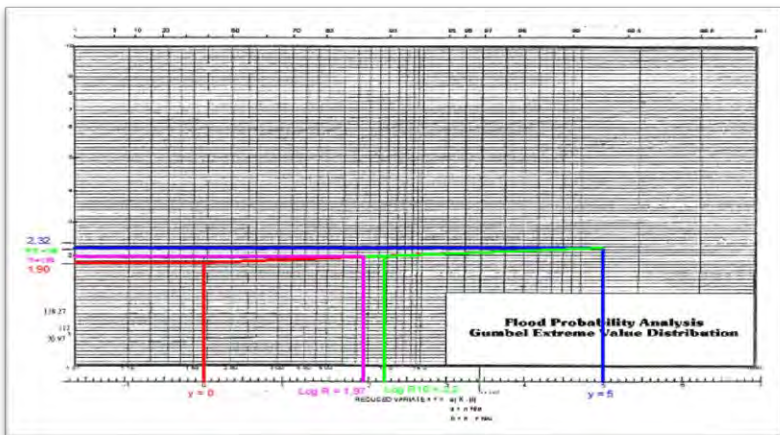
$$\begin{aligned}\bar{R} &= \mu + \frac{1}{a} \cdot Y \\ &= 80,9 + 10,58 Y\end{aligned}$$

Maka,

Jika $Y_1 = 0$, $R_1 = 80,9$: $\text{Log } R_1 = 1,91$

Jika $Y_2 = 5$, $R_2 = 133,81$: $\text{Log } R_2 = 2,13$

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 12, diketahui nilai ($\text{Log } R_{10} = 2,22$). Selanjutnya, nilai R_1 dan R_2 diplot pada grafik Gumbels probability yang dapat dilihat pada Gambar 5.11

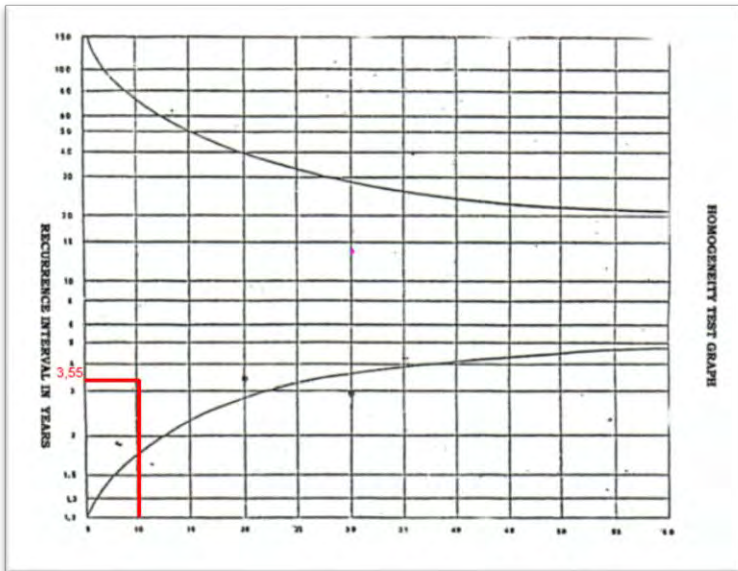


Gambar 5.11 Grafik Gumbels Probability Stasiun Hujan Larangan
Dari grafik diatas diperoleh $\text{Log } R_{10} = 2,2$, $R_{10} = 166$, $Tr = 1,96$

Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat.

$$\begin{aligned}
 T_R &= \frac{R_{10}}{R} x Tr \\
 &= \frac{166}{90,9} \times 1,96 \\
 &= 3,58
 \end{aligned}$$

Sehingga titik homogenitas Stasiun Larangan berada pada koordinat $(n, T_R) = (10; 3,58)$, dimana data berada pada range homogen yang dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Perak.

Gambar diatas memperlihatkan bahwa data hujan stasiun Larangan yang digunakan homogen.

5.1.4 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

Metode curah hujan yang digunakan pada analisis hidrologi ini adalah metode poligon *thiessen*. Metode ini dipilih dengan alasan bahwa antara titik-titik pengamatan di dalam daerah perencanaan Tugas Akhir ini tidak tersebar secara merata, sehingga perhitungan curah hujan rata-rata akan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan dengan tujuan untuk mengetahui luas area yang dilayani oleh setiap stasiun hujan dengan proporsi luasan daerah yang lebih akurat. Setelah dilakukan tahapan penerapan prosedur metode ini sesuai dengan penjelasan yang dijelaskan di tinjauan pustaka, diketahui bahwa luas area yang dilayani masing-masing stasiun hujan. Pada perencanaan Tugas Akhir ini luas area pelayanan yang ditentukan berjumlah 4 buah stasiun. Berikut ini adalah luas daerah pelayanan masing-masing stasiun curah hujan yang dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Luas Area Pelayanan Keempat Stasiun

No.	Kode	Nama ST.	Area Pelayanan (ha)
1	A	ST. Kedung Cowek	550
2	B	ST. Gubeng	744
3	C	ST. Perak	340
4	D	ST. Larangan	44
LUAS TOTAL			1678

Sumber: UPT Balai Pengairan Surabaya, 2015

Berikut ini contoh perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode poligon thiessen:

Curah hujan peringkat 1:

A. Stasiun Kedung Cowek

Curah hujan peringkat 1(R1) = 123 mm

Luas area yang dilayani (A) = 550 ha

$$\begin{aligned} R1 \times A &= 123 \text{ mm} \times 550 \text{ ha} \\ &= 67650 \end{aligned}$$

B. Stasiun Gubeng

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan peringkat 1(R2)} &= 127 \text{ mm} \\ \text{Luas area yang dilayani (B)} &= 744 \text{ ha} \\ R2 \times B &= 127 \text{ mm} \times 744 \text{ Ha} \\ &= 94488 \end{aligned}$$

C. Stasiun Gubeng

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan peringkat 1(R3)} &= 139 \text{ mm} \\ \text{Luas area yang dilayani (C)} &= 340 \text{ ha} \\ R3 \times C &= 139 \text{ mm} \times 340 \text{ ha} \\ &= 47260 \end{aligned}$$

D. Stasiun Larangan

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan peringkat 1(R3)} &= 127 \text{ mm} \\ \text{Luas area yang dilayani (C)} &= 44 \text{ ha} \\ R3 \times C &= 127 \text{ mm} \times 44 \text{ ha} \\ &= 5588 \end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan rata-rata pada masing-masing stasiun didapatkan curah hujan rata-rata pada wilayah studi, yaitu:

$$\begin{aligned} R &= \frac{A_1}{A} R_1 + \frac{A_2}{A} R_2 + \frac{A_3}{A} R_3 + \dots + \frac{A_n}{A} R_n \\ &= \frac{R1xA + R2xB + R3xC + R4xD}{A + B + C + D} \\ &= \frac{67650 + 94488 + 47260 + 5588}{550 + 744 + 340 + 44} \\ &= 128,12 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan polygon thiessen yang terbentuk pada keempat stasiun yang melayani wilayah studi dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.12 Perhitungan Metode Poligon Thiessen

No.	ST. Kedung Cowek			ST. Gubeng			ST. Perak			ST. Larangan			mm
	Stasiun 1			Stasiun 2			Stasiun 3			Stasiun 4			
	R1 (mm)	Luas (C)	R1 x A	R2 (mm)	Luas (C)	R2 x B	R3 (mm)	Luas (C)	R3 X C	R3 (mm)	Luas (C)	R4 X D	
1	123	550,00	67650	127	744,00	94488	139	340,00	47260	127	44	5588	128,12
2	103	550,00	56650	104	744,00	77376	129	340,00	43860	118	44	5192	109,10
3	100	550,00	55000	99	744,00	73656	115	340,00	39100	107	44	4708	102,78
4	84	550,00	46200	87	744,00	64728	110	340,00	37400	107	44	4708	91,20
5	79	550,00	43450	86	744,00	63984	109	340,00	37060	99	44	4356	88,71
6	73	550,00	40150	83	744,00	61752	103	340,00	35020	87	44	3828	83,88
7	62	550,00	34100	81	744,00	60264	94	340,00	31960	85	44	3740	77,51
8	56	550,00	30800	81	744,00	60264	92	340,00	31280	67	44	2948	74,67
9	54	550,00	29700	67	744,00	49848	89	340,00	30260	63	44	2772	67,09
10	51	550,00	28050	61	744,00	45384	53	340,00	18020	49	44	2156	55,79
Total													878,85
Rata-rata													87,88

5.1.5 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan daerah penelitian kemudian dilakukan analisa terhadap kecenderungan besarnya hujan harian maksimum (HHM) dalam satuan millimeter perhari. Ada tiga metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan harian maksimum yaitu:

1. Metode Gumbel

R dari rata-rata Aljabar yang dihitung deviasinya dapat dilihat pada Tabel 5.13

Tabel 5.13 Perhitungan HHM Metode Gumbel

Rangking	R _{thiessen}	R _{thiessen} - R	(R _{thiessen} - R) ²
1	128,12	40,24	1618,89
2	109,10	21,22	450,28
3	102,78	14,89	221,85
4	91,20	3,32	11,00
5	88,71	0,82	0,68
6	83,88	-4,01	16,04
7	77,51	-10,37	107,61
8	74,67	-13,22	174,70
9	67,09	-20,79	432,36
10	55,79	-32,10	1030,30
total	878,85		4063,71
rata-rata (R10)	87,88		406,37

Berikut adalah contoh perhitungan curah hujan harian maksimum dengan metode Gumbel untuk PUH 5.

• Menghitung R:

$$R = \frac{\sum Ri}{n} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$= \frac{878,85}{10} = 87,88 \text{ mm}$$

- Menghitung standar deviasi:

$$\begin{aligned}\sigma_R &= \left[\frac{\sum (R_i - R)^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.3) \\ &= \left[\frac{4063,71^2}{10-1} \right]^{1/2} \\ &= 21,25\end{aligned}$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Standard Deviation and Reduced Mean* dan Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 55, diperoleh nilai:

$$\sigma_n = 0,9496$$

$$Y_n = 0,4952$$

$$Y_t = 1,4999$$

- Menghitung rentang keyakinan:

$$\begin{aligned}R_T &= R + \frac{\sigma_R}{\sigma n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(3.13) \\ &= 87,88 + \frac{21,25}{0,9496} (1,499 - 0,4952) = 110,37\end{aligned}$$

Rentang keyakinan untuk harga Rk dapat dihitung:

$$Rk = \pm t(a). Se \dots\dots\dots(3.14)$$

Untuk $\alpha = 90\%$ maka $t(a)$ adalah 1,64

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{\tau_n} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$b = \sqrt{1 + 1,3k + 1,1 \cdot k^2} \dots\dots\dots(3.18)$$

$$= \sqrt{1 + 1,3(1,06) + 1,1(1,06)^2} = 1,90$$

$$= \frac{1,4999 - 0,4952}{0,9496} = 1,06$$

$$S_e = \frac{b \cdot \sigma_R}{\sqrt{on}}$$

.....(3.16)

$$= \frac{1,90 \times 21,25}{\sqrt{0,9496}}$$

$$= 41,41$$

$$R_k = \pm t(a) \cdot S_e$$

$$= \pm 1,64 \times 41,41 = 68,12$$

Dari perhitungan R_k tersebut diperoleh nilai HHM metode gumbel untuk PUH 5 adalah $110,37 \pm 68,12$ mm/24jam. Dalam ruang lingkup Tugas Akhir digunakan PUH 5 dan PUH 10. Hasil perhitungan hujan harian maksimum selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut:

Tabel 5.14 Perhitungan HHM Metode Gumbel dan Rentang Keyakinan

PUH	Rentang Keyakinan					
	Yt	Rt	k	b	Se	Rk
T						$\pm 1x Se$
5	1,4999	110,37	1,06	1,90	41,41	68,12
10	2,2502	127,16	1,85	2,68	58,35	95,98

HHM(mm/24 jam)		
$Rt \pm Rk$	$Rt + Rk$	$Rt - Rk$
$110,37 \pm 68,12$	178,49	42,24
$127,16 \pm 95,98$	223,14	31,18

2. Metode Log Person III

Pada metode ini, analisa curah hujan harian maksimum (HHM) didasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma. Berikut menunjukkan data curah hujan rata-rata dalam bentuk logaritma sebelum penghitungan hujan harian maksimum (HHM) dengan Metode *Log Person III* yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Standar Deviasi Metode Log Person III

Rangking	Ri	Xi	Xi-X	(Xi-X)²	(Xi-X)³
1	128,12	2,11	0,18	0,03068	0,00537319
2	109,10	2,04	0,11	0,01110	0,00117011
3	102,78	2,01	0,08	0,00631	0,00050129
4	91,20	1,96	0,03	0,00076	0,00002087
5	88,71	1,95	0,02	0,00024	0,00000372
6	83,88	1,92	-0,01	0,00008	-0,00000068
7	77,51	1,89	-0,04	0,00186	-0,00008008
8	74,67	1,87	-0,06	0,00352	-0,00020891
9	67,09	1,83	-0,11	0,01119	-0,00118424
10	55,79	1,75	-0,19	0,03457	-0,00642839
Total	878,85	19,32		0,10031	-0,00083313
R (X)	87,88	1,93		0,01003	-0,00008331

Tabel 5.13 tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai Standar Deviasi. Berikut ini merupakan rangkaian perhitungan analisa HHM metode Log Person III.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$= \frac{19,32}{10} = 1,93$$

$$\sigma x = \left[\frac{\sum (xi-x)^2}{(n-1)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.20)$$

$$= \left[\frac{0,10031}{(10-1)} \right]^{1/2} = 0,01003$$

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3}{(N-1)(N-2)(\tau_x)^3} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$= \frac{10(-0,00083313)}{(10-1)(10-2)(0,01003)^3} = -0,10$$

Untuk nilai K_x dapat dilihat pada Tabel 3.3 Nilai K distribusi metode log person III di halaman 58 dari nilai C_s yang ada dengan dengan contoh perhitungan pada PUH 5.

$$X_t = \bar{X} + Kx \cdot \tau_x \dots\dots\dots(3.22)$$

$$= 1,94 + (0,855 \times 0,01003) = 2,02$$

$$R_T = \text{antilog} \cdot X_T \text{ atau } R_T = 10^{X_T} \dots\dots\dots(3.23)$$

$$R_{10} = \text{antilog } 2,02 = 105,37 \text{ mm/24 jam}$$

Perhitungan selengkapnya analisa HHM Metode Log Person III dapat dilihat pada Tabel 5.16.

CS	PUH	kx	kx.σx	Xt	Rt(mm/24 jam)
- 0,1 0	5	0,855	0,09	2,02	105,37
	10	1,231	0,13	2,06	115,46

3. Metode Iway Kadoya

Metode ini disebut juga dengan metode distribusi terbatas sepihak (*One Side Finite Distribution*). Prinsipnya adalah dengan merubah variabel (X) dari kurva kemungkinan kerapatan dari curah hujan harian maksimum ke log X atau merubah kurva distribusi yang *asimetris* menjadi kurva distribusi normal. Berikut merupakan perhitungan standar deviasi Metode Iway Kadoya yang dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Perhitungan Standar Deviasi Metode Iway Kadoya

No	R rata-rata (Xi)	Xi	Xi + b	Log (Xi + b)	Log (Xi + b) ²
1	128,12	2,11	128,12	2,11	4,44
2	109,10	2,04	109,10	2,04	4,15
3	102,78	2,01	102,78	2,01	4,05
4	91,20	1,96	91,20	1,96	3,84
5	88,71	1,95	88,71	1,95	3,79
6	83,88	1,92	83,88	1,92	3,70
7	77,51	1,89	77,51	1,89	3,57
8	74,67	1,87	74,67	1,87	3,51
9	67,09	1,83	67,09	1,83	3,34
10	55,79	1,75	55,79	1,75	3,05
Jumlah			878,85	19,32	37,44
Rata-Rata				1,93	3,74

Berikut adalah contoh perhitungannya hujan harian maksimum metode iway kadoya pada PUH 5:

$$\log \cdot x_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i$$

.....(3.28)

$$\text{Log } X_r = \Sigma \log X_i / n = 19,32/10 = 1,93$$

$$\begin{aligned}
 X_r &= 85,6 \\
 X_s &= 128,12 \\
 X_t &= 55,79 \\
 X_s \cdot X_t &= 128,12 \times 55,79 = 7147,41 \\
 X_s + X_t &= 128,12 + 55,79 = 183,91 \\
 X_s \cdot X_t - (X_r)^2 &= 7147,41 - (85,6)^2 = -179,76 \\
 2X_r - (X_s + X_t) &= 2(85,6) - 183,91 = -12,71 \\
 bi &= \frac{X_s \cdot X_t - X_r^2}{2X_r - (X_s + X_t)} \dots\dots\dots(3.30) \\
 \frac{7147,41 - (85,6)^2}{2(85,6) - (183,91)} &= 14,14
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai bi. Berikut adalah perhitungan nilai bi selengkapnya yang dapat dilihat Tabel 5.18

Tabel 5.18 Perhitungan Nilai bi Metode Iway Kadoya

Xs	Xt	Xs. Xt	Xs + Xt	Xs . Xt - (Xr) ²	2 Xr - (Xs + Xt)	bi
128,12	55,79	7147,41	183,91	-179,76	-12,71	14,14
109,10	67,09	7320,04	176,20	-7,12	-5,00	1,43
Jumlah						15,57

Hasil perhitungan diatas pada PUH 5 dan PUH 10 didapatkan:
 PUH 5, nilai bi = 14,14
 PUH 10, nilai bi = -1,43

Diketahui bahwa nilai bi pada PUH 10 bernilai negatif, maka nilai bi diganti nol (0) sesuai dengan persyaratan pada metode Iway Kadoya. Berikut adalah perhitungan HHM dengan metode Iway Kadoya dengan nilai bi telah diganti nol (0) yang dapat dilihat pada Tabel 5.17

Tabel 5.19 Perhitungan HHM dengan Metode Iway Kadoya

PUH	$W(x) = 1/PUH$	Ξ	$(1/c)x\xi$	$X0 + (1/c)x\xi$	$\text{antilog} (X0 + (1/c)x\xi)$	hbm
5	0,20	0,5951	0,09	2,02	105,03	105,03
10	0,10	0,9062	0,14	2,07	116,89	116,89

Adapun perbandingan hasil perhitungan nilai curah hujan harian maksimum (HHM) dari ketiga metode yang di gunakan, yaitu metode Gumbel, metode Log Person III, dan metode Iway Kadoya dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Perbandingan Hujan Harian Maksimum (HHM)

PUH	Gumbel				Log person III	Iway Kadoya	HHM yang dipilih	Metode
	Rt	$Rt \pm Rk$	$Rt + Rk$	$Rt - Rk$				
5	110,37	$112,78 \pm 72,88$	178,49	42,24	105,37	105,03	110,37	Gumbel
10	127,16	$129,38 \pm 102,68$	223,14	31,18	115,46	116,89	127,16	Gumbel

Pada Tabel 5.20 diketahui bahwa nilai HHM Log Person III dan Iway Kadoya terletak diantara nilai range $Rt \pm Rk$. Hal ini menunjukkan perbandingan nilai HHM ketiga metode tersebut tidak terlalu jauh. Untuk menentukan nilai HHM yang akan digunakan, dipilih yang memiliki nilai terbesar. Untuk PUH 5 tahun dan PUH 10 tahun dipilih metode Gumbel.

5.1.6 Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi intensitas hujan, perlu dilakukan uji kecocokan hujan harian maksimum. Pada perhitungan sebelumnya, telah diketahui nilai hujan harian maksimum yang dipilih pada PUH 5 dan PUH 10 menggunakan Metode Gumbel. Penentuan uji kecocokan hujan harian

maksimum pada Tugas Akhir ini menggunakan metode Chi-Kuadrat. Berikut adalah langkah perhitungannya.

- Jumlah sub kelompok:

$$n = 10$$

$$G = 1 + 1,322 \ln n \dots\dots\dots(3.39)$$

$$= 1 + 1,322 \ln 10$$

$$= 4 \text{ kelompok}$$

- Urutkan data pengamatan (dari yang terbesar ke yang terkecil). Berikut adalah data untuk perhitungan chi-kuadrat yang dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Data Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum

peringkat	R rata-rata	X t'	Xr^2	P
	Xt			
1	128,12	40,24	1618,89	0,1
2	109,10	21,22	450,28	0,2
3	102,78	14,89	221,85	0,3
4	91,20	3,32	11,00	0,4
5	88,71	0,82	0,68	0,5
6	83,88	-4,01	16,04	0,5
7	77,51	-10,37	107,61	0,6
8	74,67	-13,22	174,70	0,7
9	67,09	-20,79	432,36	0,8
10	55,79	-32,10	1030,30	0,9
X rata2	87,88		4063,71	

- Urutkan Interval atau batasan sub kelompok:

Untuk menentukan interval atau batasan setiap sub kelompok digunakan persamaan garis lurus berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \dots\dots\dots(3.40)$$

$$= \frac{4063,71^{0,5}}{10} = 20,16$$

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots(3.41)$$

$$= 87,88 + K.20,16$$

Faktor frekuensi untuk distribusi curah hujan harian maksimum (K_T) di dapat dari nilai variabel reduksi gauss pada Tabel 3.4 di halaman 64. Berikut adalah perhitungan interval sub kelompok:

- Untuk $P = 0,80$, diketahui $K_T = -0,84$
 $X_T = 87,88 + (-0,84).20,16$
 $= 70,95 \text{ mm}$
- Untuk $P = 0,50$, diketahui $K_T = 0$
 $X_T = 87,88 + (0).20,16$
 $= 87,88 \text{ mm}$
- Untuk $P = 0,20$, diketahui $K_T = 0,84$
 $X_T = 87,88 + (0,25).20,16$
 $= 104,82 \text{ mm}$

- Setelah X_T di dapat, maka nilai X_T di posisikan sesuai dengan interval sub kelompok kemudian dilakukan pendataan O_i dan E_i . Hasil uji Chi-Kuadrat pada distribusi curah hujan harian maksimum metode Gumbel yang dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

No	Nilai batas Sub Grup	Jumlah data (O_i)	E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	$X < 70,95$	2	2,5	0,25	0,1
2	$70,95 < X < 87,88$	3	2,5	0,25	0,1
3	$87,88 < X < 104,82$	3	2,5	0,25	0,1
4	$X > 104,82$	2	2,5	0,25	0,1
Total		10	10	1	0,4

Dari table 5.22 diatas, diketahui dari persamaan distribusi di dapatkan $X_T = 2,0$ dengan derajat kebebasan:

$$\begin{aligned} dk &= G - (R-1) \dots\dots\dots(3.43) \\ &= 4 - (1+1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai kritis untuk uji Chi-kuadrat pada Tabel 3.5 di halaman 65 diketahui bahwa apabila peluang $>5\%$, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima. Sehingga diketahui $\alpha = 0,05$ dengan $R = 1$, diperoleh $X^2 = 3,841$. Dari hasil perhitungan didapat $X^2 > X_T \rightarrow 3,841 > 2,0$. Sehingga curah hujan harian maksimum metode Gumbel dapat diterima.

5.1.7 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan

Setelah melakukan penentuan HHM dengan metode Gumbel selanjutnya dilakukan analisis intensitas hujan dapat dilakukan dengan 3 metode:

1. Metode Van Breen

Pada metode ini dilakukan pendekatan terhadap besar atau lamanya durasi hujan harian yang terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif 90% mengacu pada hujan selama 24 jam. Berikut rumus yang digunakan untuk contoh perhitungan PUH 5 tahun, yaitu:

• PUH 5 tahun

Nilai HHM = 110,37 mm/24 jam (Metode Gumbel)

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4} \dots\dots\dots(3.48)$$

$$= \frac{90\% ((110,37)^{24})}{4} = 24,83 \text{ mm/jam}$$

Nilai I yang diperoleh tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Perhitungan Nilai I Metode Van Breen

PUH	HHM	I (mm/jam)
5	110,37	24,83
10	127,16	28,61

Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan pada masing-masing durasi, maka digunakan Tabel 5.24 mengenai intensitas hujan untuk Kota Jakarta yang digunakan sebagai acuan mengingat keterbatasan data pembandingan untuk daerah pengamatan.

Tabel 5.24 Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam)				
	Periode Ulang Hujan (Tahun)				
(menit)	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: BUDP Drainage Design for Bandung

Berikut adalah contoh perhitungan PUH 5 tahun untuk durasi 5 menit:

$$I = \frac{148}{27} (24,83)$$

$$= 136,12 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan dengan metode Van breen selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen

Durasi	Intensitas Hujan Surabaya	
	Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	5	10
5	136,12	147,82
10	115,89	131,61
20	104,85	117,30
40	80,02	91,55
60	67,14	77,25
120	41,39	48,64
240	24,83	28,61

2. Metode Bell

Perkiraan pola distribusi intensitas hujan ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas hujan pada setiap durasi digunakan perumusan secara empiris, dimana data curah hujan didasarkan pada rentang durasi per 60 menit. Berikut adalah pola hujan setiap jam menurut Tanimoto yang dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto di Pulau Jawa

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11

Sumber: BUDP Drainage Design for Bandung

Dengan mengacu pada Tabel 5.26 diatas, maka pola distribusi curah hujan hanya diambil 2 jam pertama untuk curah hujan 170 mm karena menghasilkan curah hujan yang maksimum. Berikut perhitungan distribusi intensitas hujan untuk PUH 10 tahun dengan nilai HHM yang didapatkan dari hasil perhitungan sebelumnya yaitu 127,16 mm/24 jam (Metode Gumbel di halaman 124):

- Perhitungan nilai HHM, sebagai berikut

$$\begin{aligned}\text{Jam ke 1 HHM} &= \text{HHM 10 tahun} \cdot \frac{87}{170} \\ &= 127,16 \cdot \frac{87}{170} = 65,1 \frac{\text{mm}}{24 \text{ jam}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jam ke 2 HHM} &= \text{HHM 10 tahun} \cdot \frac{28}{170} \\ &= 127,16 \cdot \frac{28}{170} = 20,94 \frac{\text{mm}}{24 \text{ jam}}\end{aligned}$$

$$R_{60\text{menit } 10\text{tahun}} = \frac{65,1 + 20,94}{2} = 43,02 \text{ mm/24jam}$$

- Untuk PUH (T) 10 tahun; durasi (t) = 5 menit

$$\begin{aligned}R_T^t &= (0,21 \cdot \ln(T) + 0,52) \cdot (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50) \cdot R_{10\text{-tahun}}^{60\text{-menit}} \\ \dots\dots\dots(3.49) \\ &= (0,21 \times \ln 10 + 0,52) \cdot (0,54 \times 5^{0,25} - 0,5) \times R_{10\text{tahun}}^{60\text{menit}} \\ &\quad (\text{mm/24 jam}) \\ &= 13,50 \text{ mm/24 jam}\end{aligned}$$

$$I_t' = \frac{60}{t} \cdot R_T^t \left(\frac{\text{mm}}{\text{jam}} \right) \dots\dots\dots(3.50)$$

$$I_{60\text{menit } 5\text{tahun}} = \frac{60}{5} \cdot 13,50 \text{ (mm/jam)} = 162,04 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan nilai R dengan metode tanimoto dan distribusi intensitas hujan selengkapnya masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.27 dan Tabel 5.28.

Tabel 5.27 Perhitungan Nilai R Dengan Metode Tanimoto

Perhitungan R Tanimoto		
Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
5	11,35	13,27
10	16,98	19,87
20	23,69	27,71
40	31,66	37,03
60	37,01	43,29
120	47,50	55,56
240	59,98	70,16

Tabel 5.28 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Bell

Intensitas Hujan		
Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
5	136,16	159,26
10	101,91	119,19
20	71,07	83,12
40	47,49	55,55
60	37,01	43,29
120	23,75	27,78
240	14,99	17,54

3. Metode Hasper Weduwen

Didalam metode ini penurunan rumus didasarkan pada kecenderungan curah hujan harian yang di kelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan memiliki distribusi simetris dengan durasi hujan (t) yang lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai dengan 24 jam. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Untuk durasi $0 \leq t < 1$ jam

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \dots\dots\dots(3.51)$$

$$R = \left(\frac{R_i}{100} \right) \sqrt{\frac{11300 \cdot t}{t+3,12}} \dots\dots\dots(3.52)$$

- Untuk durasi $1 \leq t \leq 24$ jam

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \dots\dots\dots(3.53)$$

$$R = \sqrt{\frac{11300 \cdot t}{t+3,12}} \left(\frac{X_t}{100} \right) \dots\dots\dots(3.54)$$

- $I = \frac{R}{t} \dots\dots\dots(3.55)$

Berikut adalah contoh perhitungan untuk PUH 5 tahun durasi 5 menit:

- Untuk durasi $0 \leq t < 1$ jam
- Untuk PUH (T) = 5 tahun ; durasi (t) = 5 menit = 0,083 jam
- Nilai HHM terpilih (X_t) = 127,16 mm/24 jam (Metode Gumbel di halaman 122)

- $R_i = 127,16 \left(\frac{1218 (0,083)+54}{127,16 (1-0,083)+1272 \cdot (0,083)} \right)$
 $= 88,76 \text{ mm}$

- $R = \left(\frac{88,76}{100} \right) \cdot \sqrt{\frac{11300 \cdot (0,083)}{0,083+3,12}} = 15,19 \text{ mm}$

- $I = \frac{15,19}{0,083} = 183 \text{ mm/jam}$

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan menurut metode hasper Weduwen yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.29 hingga Tabel 5.31

Tabel 5.29 Perhitungan Ri

Durasi	Durasi	Perhitungan Ri	
		Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	(jam)	5	10
5	0,083	82,84	88,84
10	0,167	93,31	102,78
20	0,333	102,03	114,97
40	0,667	108,02	123,67
60	1,000	110,37	127,16
120	2,000	112,92	131,01
240	4,000	114,29	133,09

Tabel 5.30 Perhitungan Nilai R Distribusi Intensitas Hujan
Metode Hasper Weduwen

Perhitungan R			
Durasi	Durasi	Perhitungan R	
		Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	(jam)	5	10
5	0,08	14,20	15,23
10	0,17	22,34	24,60
20	0,33	33,70	37,97
40	0,67	48,18	55,16
60	1,00	57,80	66,59
120	2,00	75,02	87,04
240	4,00	91,06	106,04

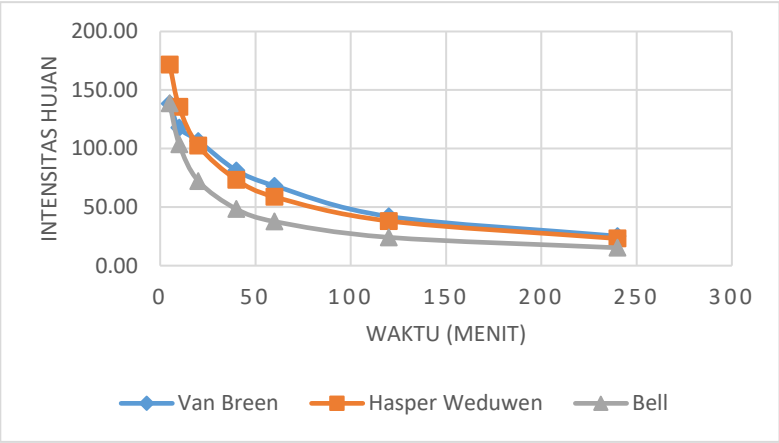
Tabel 5.31 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen

Intensitas Hujan			
Durasi	Durasi	Perhitungan Intensitas	
		Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	(jam)	5	10
5	0,083	170,44	182,79
10	0,167	134,02	147,62
20	0,333	101,09	113,91
40	0,667	72,27	82,74
60	1,000	57,80	66,59
120	2,000	37,51	43,52
240	4,000	22,77	26,51

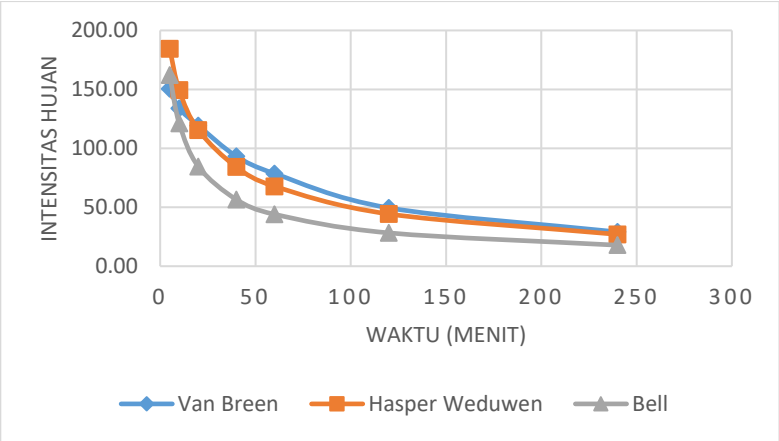
Berikut adalah hasil dan grafik perbandingan perhitungan nilai distribusi intensitas hujan dari ketiga metode yang digunakan, yaitu metode van breen, bell dan hasper weduwen masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan Gambar 5.13 dan 5.14

Tabel 5.32 Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan

Waktu (menit)	Metode Perhitungan Intensitas hujan					
	Van Breen		Hasper Weduwen		Bell	
	5	10	5	10	5	10
5	136,12	147,82	170,44	182,79	136,16	159,26
10	115,89	131,61	134,02	147,62	101,91	119,19
20	104,85	117,30	101,09	113,91	71,07	83,12
40	80,02	91,55	72,27	82,74	47,49	55,55
60	67,14	77,25	57,80	66,59	37,01	43,29
120	41,39	48,64	37,51	43,52	23,75	27,78
240	24,83	28,61	22,77	26,51	14,99	17,54



Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 5

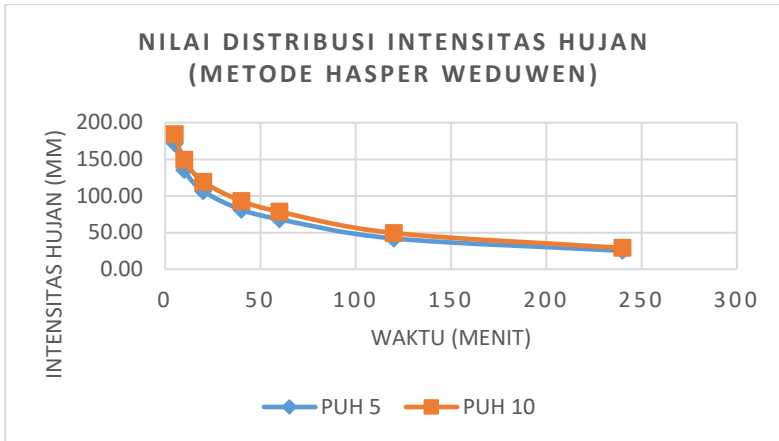


Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 10

Berdasarkan Tabel 5.30, maka nilai distribusi intensitas hujan yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah nilai distribusi intensitas hujan yang memiliki nilai terbesar untuk setiap PUH dan waktu yaitu Metode Hasper Weduwen. Pemilihan tersebut didasarkan pada metode yang memiliki rata-rata intensitas hujan yang lebih besar untuk semua durasi di bandingkan dengan metode yang lain. Nilai distribusi dan grafik ntensitas hujan yang dipilih masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.33 dan Gambar 5.13.

Tabel 5.33 Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih

waktu (menit)	Intensitas Hujan	
	5	10
5	170,44	182,79
10	134,02	147,62
20	104,85	117,30
40	80,02	91,55
60	67,14	77,25
120	41,39	48,64
240	24,83	28,61



Gambar 5.15 Grafik Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih

5.1.8 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan

Dalam perhitungan ini untuk memilih rumus digunakan 3 metode yaitu metode Talbot, metode Ishiguro, metode Sherman yang mana telah di jelaskan pada tinjauan pustaka. Dari metode ini dapat diketahui bahwa ketiga metode yang dipakai akan dapat menghasilkan selisih terkecil terhadap intensitas data yang dipakai pada perencanaan. Pada perencanaan ini dipakai periode ulang hujan (PUH) 5 tahun dan 10 tahun. Data tersebut kemudian diolah, selanjutnya di tentukan rumus intensitas hujan untuk masing-masing metode (Talbot, Ishiguro, dan Sherman) kemudian ditentukan selisih I. berikut perhitungan pemilihan rumus intensitas hujan:

1. Metode Talbot

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta "a" dan "b". Kedua nilai konstanta tersebut tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan metode Talbot. Adapun rumus dan perhitungan untuk konstanta "a" dan "b" pada contoh perhitungan PUH 5 tahun sebagai

berikut:

$$I = \frac{a}{tc+b} \dots\dots\dots(3.56)$$

$$\begin{aligned} \bullet a &= \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.57) \\ &= \frac{(22786,36)(72881,15) - (1466196,14)(630,55)}{7 \cdot (72881,15) - (630,55)^2} \\ &= 6414,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet b &= \frac{(\sum I)(\sum I.t) - N(\sum I^2.t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.58) \\ &= \frac{(630,55) \cdot (22786,36) - 7(1466196,14)}{7(72881,15) - (630,55)^2} \\ &= 36,06 \end{aligned}$$

$$\bullet I = \frac{a}{tc+b} = \frac{6414,39}{tc+36,06}$$

2. Metode Sherman:

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “n”. Kedua nilai konstanta tersebut diperoleh dari hasil logaritmanya, yang kemudian diperoleh nilai antilognya. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan nilai intensitas hujan metode Sherman. Adapun rumus dan perhitungan untuk konstanta “a” dan “b” adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(3.59)$$

$$a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \log I)(\sum \log t)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2} \dots\dots\dots(3.60)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(13,16)(19,41)-(19,37)(10,84)}{7(19,41)-(10,84)^2} \\
&= 300,69 \\
n &= \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t \cdot \log I)}{N \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2} \dots\dots\dots(3.61) \\
&= \frac{(13,16)(10,84)-7(19,37)}{7(19,41)-(10,84)^2} \\
&= 0,39 \\
I &= \frac{a}{tc^n} = \frac{300,69}{tc^{0,39}}
\end{aligned}$$

Metode Ishiguro

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “b”. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan nilai intensitas hujan metode Ishiguro. Adapun rumus dan hasil perhitungan konstanta “a” dan “b” adalah sebagai berikut:.

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}}$$

$$\begin{aligned}
&\dots\dots\dots(3.62) \\
a &= \frac{(\sum I \cdot \sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.63)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(3182,62)(72881,15)-(281819,20)(630,55)}{7(72881,15)-(630,55)^2} \\
&= 473,52
\end{aligned}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I \cdot \sqrt{t}) - N(\sum I^2 \sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.64)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(630,55)(3181,62)-7(281819,20)}{7(72881,15)-(630,55)^2} \\
&= 0,28
\end{aligned}$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} = \frac{473,52}{0,28}$$

Berikut adalah hasil perhitungan konstanta a dan b atau n dari ketiga metode untuk PUH 5 dan PUH 10 yang dapat dilihat pada Tabel 5.34

Tabel 5.34 Perhitungan Konstanta a dan b atau n Perbandingan Metode Lengkung Intensitas Hujan

PUH	Metode	a	b atau n
5	Talbot	6414,39	36,06
10		7681,70	40,41
5	Sherman	300,69	0,39
10		441,29	0,46
5	Ishiguro	473,52	0,28
10		559,05	0,52

Berikut ini Tabel 5.35 dan Tabel 5.36 merupakan hasil perhitungan lengkung intensitas hujan selengkapnya untuk PUH 5 dan PUH 10.

Tabel 5.35 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

Perhitungan lengkung Intensitas Hujan PUH 5 tahun												
t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I ²	I x t	Log I	Log t	Log I x Log	log ² I	log ² t	t ^{0.5}	I x t ^{0.5}	I x t ^{0.5}
5	170,44	852,20	29049,87	145249,37	2,23	0,70	1,56	4,98	1,00	2,24	381,12	64957,49
10	134,02	1340,22	17961,82	179618,20	2,13	1,00	2,13	4,52	1,00	3,16	423,81	56800,26
20	104,85	2096,97	10993,25	219864,91	2,02	1,30	2,63	4,08	1,69	4,47	468,90	49163,29
40	80,02	3200,64	6402,58	256103,03	1,90	1,60	3,05	3,62	2,57	6,32	506,07	40493,44
60	67,14	4028,40	4507,77	270466,32	1,83	1,78	3,25	3,34	3,16	7,75	520,06	34917,05
120	41,39	4966,52	1712,94	205552,37	1,62	2,08	3,36	2,61	4,32	10,95	453,38	18764,28
240	24,83	5959,82	616,66	147997,71	1,40	2,38	3,32	1,95	5,67	15,49	384,70	9553,21
Jumlah	622,69	22444,77	71244,88	1424851,91	13,12	10,84	19,30	25,11	19,41	50,39	3138,04	274649,03

Tabel 5.36 Perhitungan Lengkung

Perhitungan lengkung Intensitas Hujan PUH 10 tahun												
t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I ²	I x t	Log I	Log t	Log I x Log	log ² I	log ² t	t ^{0.5}	I x t ^{0.5}	I x t ^{0.5}
5	182,79	913,95	33411,84	167059,22	2,26	0,70	1,58	5,12	0,49	2,24	408,73	74711,15
10	147,62	1476,15	21790,23	217902,26	2,17	1,00	2,17	4,71	1,00	3,16	466,80	68906,75
20	117,30	2346,04	13759,71	275194,15	2,07	1,30	2,69	4,28	1,69	4,47	524,59	61535,28
40	91,55	3662,10	8381,88	335275,21	1,96	1,60	3,14	3,85	2,57	6,32	579,03	53011,66
60	77,25	4634,85	5967,18	358030,70	1,89	1,78	3,36	3,56	3,16	7,75	598,36	46221,56
120	48,64	5836,48	2365,59	283870,71	1,69	2,08	3,51	2,85	4,32	10,95	532,80	25913,73
240	28,61	6866,45	818,54	196450,32	1,46	2,38	3,47	2,12	5,67	15,49	443,23	12680,81
Jumlah	693,75	25736,01	86495	1833782,56	13,49	10,84	20	26,48	18,90	50,39	3553,53	342980,96

Berikut ini adalah perbandingan rumus lengkung intensitas hujan dari ketiga metode untuk PUH 5 dan PUH 10 yang dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Perbandingan Rumus Lengkung Intensitas Lengkung PUH 5 dan PUH 10

Metode	Intensitas	PUH	
		5	10
TALBOT	$\frac{a}{t + b}$	$\frac{6414,39}{t + 36,06}$	$\frac{7681,7}{t + 40,41}$
SHERMAN	$\frac{a}{t^n}$	$\frac{300,69}{t^{0,39}}$	$\frac{441,29}{t^{0,46}}$
ISHIGURO	$\frac{a}{\sqrt{t} + b}$	$\frac{477,52}{t^{0,5} + 0,28}$	$\frac{559,05}{t^{0,5} + 0,52}$

Setelah didapatkan semua rumus intensitas, dilakukan perbandingan diantara ketiga metode melalui selisih intensitas hujan. Berikut adalah perhitungan selisih intensitas hujan dari ketiga metode untuk PUH 5 dan PUH 10 yang dapat dilihat pada Tabel 5.38 dan Tabel 5.39.

Tabel 5.38 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

PUH 5 tahun							
Durasi (menit)	I (mm/jam)	I Talbot	I - I Talbot	I Ishiguro	I - I Ishiguro	I Sherman	I - I Sherman
5	170	156,21	14,23	187,93	17,49	160,56	9,88
10	134	139,25	5,23	137,42	3,39	122,55	11,48
20	105	114,41	9,57	99,57	5,28	93,53	11,32
40	80	84,33	4,31	71,66	8,36	71,39	8,63
60	67	66,77	0,37	58,97	8,17	60,95	6,19
120	41	41,10	0,29	42,14	0,75	46,52	5,13
240	25	23,24	1,60	30,02	5,18	35,50	10,67
Rata-rata			5,08		6,95		9,04

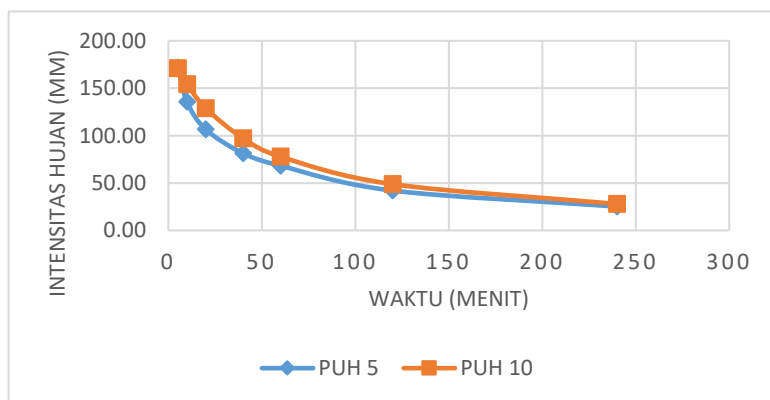
Tabel 5.39 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

PUH 10 tahun							
Durasi (menit)	I (mm/jam)	I Talbot	I - I Talbot	I Ishiguro	I - I Ishiguro	I Sherman	I - I Sherman
5	183	169,16	13,63	202,94	20,15	209,43	26,64
10	148	152,38	4,76	151,88	4,26	151,93	4,31
20	117	127,16	9,85	112,02	5,29	110,21	7,09
40	92	95,53	3,98	81,69	9,86	79,95	11,60
60	77	76,50	0,75	67,64	9,60	66,27	10,98
120	49	47,89	0,75	48,73	0,09	48,07	0,57
240	29	27,39	1,22	34,92	6,31	34,87	6,26
Rata-rata			4,99		7,94		9,64

Pada Tabel 5.38 dan Tabel 5.39 diketahui bahwa nilai delta Intensitas terkecil untuk masing PUH 5 dan PUH 10 adalah intensitas lengkung Talbot. Berikut adalah nilai dan grafik lengkung intensitas hujan terpilih yang masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan Gambar 5.15.

Tabel 5.40 Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih

Durasi (menit)	Nilai Lengkung Intensitas Hujan (Metode Talbot)	
	PUH	
	PUH 5	PUH 10
5	156,21	169,16
10	139,25	152,38
20	114,41	127,16
40	84,33	95,53
60	66,77	76,50
120	41,10	47,89
240	23,24	27,39



Gambar 5.15 Grafik Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih

5.2 Analisis Hidrolika

Perhitungan kapasitas saluran eksisting untuk mengetahui besaran kapasitas tampung pada kondisi fisik yang terdapat di lapangan.

Contoh perhitungan kapasitas saluran Pada saluran Kedinding Lor yang memiliki penampang trapesium adalah sebagai berikut:

- Bentuk saluran adalah Trapesium
- Luas penampang rencana = $3,45 \text{ m}^2$
- Panjang saluran (L) = 670 meter
- Lebar atas saluran (T) = 2,2 meter
- Lebar bawah saluran (b) = 2,1 meter
- Kedalaman awal saluran = 1,5 meter
- Kedalaman akhir saluran = 1,6 meter
- Elevasi awal dasar saluran = 3,02 m dpl
- Elevasi akhir dasar saluran = 3,01 m dpl
- Koefisien kekasaran = 0,020

- Kemiringan dinding saluran (Z)
= $(T-b) / (2 \cdot h_1)$
= $(2,2 - 2,1) / (2 \times 1,5)$
= 0,03

- Slope saluran (S) = h/L
= $(h_2-h_1) / L$
= $(1,5 - 1,6 \text{ meter} / 670 \text{ meter})$
= 0,00015

- Keliling basah (P) = $b + 2 \cdot h_1 \times (1 + Z^2)^{0,5} \dots \dots (3.83)$
= $2,1 + 2(1,5) \times (1 + 0,03^2)^{0,5}$
= 5,1 m

- Jari –jari hidrolis (R) = A / P
 = 3,45 m² / 5,1 meter
 = 0,68 meter

- Kecepatan rencana (Vrencana)

$$V_{rencana} = \frac{R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \dots\dots\dots(3.86)$$

$$= \frac{0,68^{\frac{2}{3}} \cdot 0,00015^{\frac{1}{2}}}{0,020} = 0,09 \text{ m/dt}$$

Hasil perhitungan kecepatan rencana masing-masing segmen selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.41

Tabel 5.41 Perhitungan Kecepatan Rencana Saluran

Saluran Sekunder	Bentuk	Luas Rencana (A)	Panjang (m)	Lebar (m)		Kedalaman Saluran (m)		Elevasi Dasar Saluran (m dpl)		n saluran	S	Z	P	R	V rencana
		(m ²)		Atas (T)	Bawah (b)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal	Akhir				(m)	(m)	(m/dt)
Kp. Kedinding Lor	Trapesium	3.45	670	2.2	2.1	1.5	1.6	3.02	3.01	0.020	0.00015	0.03	5.10	0.68	0.09
Kp. Bulak Banteng	Trapesium	3.85	637	2.5	2.0	1.6	1.7	3.01	3.00	0.020	0.00016	0.16	5.24	0.74	0.11
Sidotopo Wetan	Trapesium	3.53	870	2.3	2.1	1.5	1.6	3.02	3.00	0.020	0.00011	0.07	5.11	0.69	0.09
Kedung Mangu	Trapesium	3.70	630	2.1	2.0	1.6	1.8	3.00	3.01	0.020	0.00032	0.03	5.20	0.71	0.15
Kedung Cowek	Trapesium	3.90	780	2.1	2.0	1.8	1.9	3.01	2.80	0.020	0.00013	0.03	5.60	0.70	0.09

5.2.1 Analisis Kecepatan Eksisting

Kecepatan eksisting merupakan kecepatan yang diperoleh dengan melakukan pengukuran dilapangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 8066:2015) tentang tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan pelampung. Pengukuran kecepatan aliran pada tugas akhir kali ini dilakukan saat hujan dengan menggunakan gabus yang di ikat dengan tali. Pada setiap segmen saluran dilakukan pengukuran kecepatan aliran satu titik dilaksanakan sebanyak 3 kali.

Tabel 5.42 Kecepatan Eksisting

Saluran Sekunder	Veksisting (saat hujan) (m/dt)			Rata-rata (m/dt)
	Percobaa n 1	Percobaa n 2	Percobaa n 3	
Kp. Kedinding Lor	0,15	0,14	0,15	0,15
Kp. Bulak Banteng	0,12	0,14	0,14	0,13
Sidotopo Wetan	0,16	0,16	0,15	0,16
Kedung Mangu	0,14	0,16	0,16	0,15
Kedung Cowek	0,14	0,13	0,13	0,13



Gambar 5.16 Pengukuran kecepatan eksisting saat hujan

5.2.2 Analisis Intensitas Hujan Rencana

Debit air hujan yang terjadi biasanya sangat dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan yang terjadi di lokasi penelitian. Besarnya limpasan yang terjadi akan berpengaruh terhadap

kemampuan sistem yang ada untuk mengalirkan limpasan tersebut menuju badan air penerima.

Tabel 5.43 Koefisien C

No		Jarak (m)	Luas DAS (ha)	Fungsi Lahan	A (ha)	%	C	C x A	Cr	Ckum
Kali Kedinding										
1.		616	0.92	Pemukiman	0.69	75%	0.75	0.52	0.80	0.80
				Perdagangan dan Jasa	0.08	9%	0.95	0.08		
				Jalan Beraspal	0.09	10%	0.95	0.09		
				Jalan Berpaving	0.06	6%	0.95	0.05		
				Total	0.92	100%		0.74		
Kali Bulak banteng										
2.		2379	1.84	Pemukiman	1.36	74%	0.75	1.02	0.80	0.80
				Perdagangan dan Jasa	0.35	19%	0.95	0.33		
				Jalan Beraspal	0.09	5%	0.95	0.09		
				Jalan Berpaving	0.04	2%	0.95	0.03		
				Total	1.84	100%		1.48		
Sidotopo Wetan										
3		616	2.33	Pemukiman	1.86	80%	0.75	1.40	0.79	0.79
				Perdagangan dan Jasa	0.19	8%	0.95	0.18		
				Jalan Beraspal	0.19	8%	0.95	0.18		
				Jalan Berpaving	0.09	4%	0.95	0.09		
				Total	2.33	100%		1.84		
Kedung Mangu										
4		2379	1.95	Pemukiman	1.44	74%	0.75	1.08	0.80	0.80
				Perdagangan dan Jasa	0.37	19%	0.95	0.35		
				Jalan Beraspal	0.10	5%	0.95	0.09		
				Jalan Berpaving	0.04	2%	0.95	0.04		
				Total	1.95	100%		1.56		
Kedung Cowek										
4		2379	0.40	Pemukiman	0.30	74%	0.75	0.22	0.80	0.80
				Perdagangan dan Jasa	0.08	19%	0.95	0.07		
				Jalan Beraspal	0.02	5%	0.95	0.02		
				Jalan Berpaving	0.01	2%	0.95	0.01		
				Total	0.40	100%		0.32		

Tabel 5.44 Tabel Q limpasan

Saluran Sekunder	Lo (m)	Elevasi Muka Air (m)		Ld	A limpasan k	Kecepatan Eksisting Rata-rata	n	C.kum	So	to	td	tc	Intensitas (mm/jam)	Qlimpasan
		Awal	Akhir											
				m	km ²	m/dt			m/m	menit	menit	menit	PUH 5	m ³ /dt
Kp. Kedinding Lor	792	2.04	2.06	670	0.92	0.15	0.020	0.80	0.00034	98.66	76.14	174.80	23.87	0.49
Kp. Bulak Banteng	1032	2.02	2.03	637	1.84	0.15	0.020	0.80	0.00001	208.41	70.78	279.19	28.88	1.19
Sidotopo Wetan	451	2.01	2.00	870	2.33	0.13	0.020	0.79	0.00045	77.32	108.75	186.07	28.02	1.43
Kedung Mangu	1243	2.03	2.05	630	1.95	0.15	0.020	0.80	0.00024	122.84	70.00	192.84	30.04	1.31
Kedung Cowek	630	2.06	2.04	780	0.35	0.17	0.020	0.80	0.00022	99.49	78.00	177.49	30.26	0.23

5.2.3 Analisa Q eksisting

Dilakukan perhitungan kapasitas saluran dengan tujuan untuk melakukan pengujian atau evaluasi perbandingan kapasitas daya tampung debit saluran (Qeksisting) dengan debit limpasan (Qlimpasan) untuk PUH 5 tahun pada saluran wilayah studi dihitung berdasarkan kondisi yang ada di lapangan yaitu pada saat belum terdapat sedimen (Qrencana) hingga kondisi saluran saat ini (Qeksisting) yaitu telah terdapat sedimen. Pengukuran tinggi sedimen yang dilakukan di lapangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 8066:2015).



Gambar 5.17 Pengukuran Tinggi Sedimen

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Saluran Sidotopo Wetan

Tabel 5.45 Perhitungan Debit Eksisting

Saluran Sekunder	Arencana	Aeksisting	Panjang (L)	Lebar		Z	Tinggi Sedimen Rata-Rata	Kapasitas Saluran (m ³)		Volume Sedimen	Kecepatan (m/dt)		Debit (m ³ /dt)	
	m ²	m ²	m	Atas (T)	Bawah (b)		m	Rencana	Eksisting	m ³	Rencana	Eksisting Rata-Rata	Rencana	Eksisting
Kp. Kedinding Lor	3.45	2.96	670	2.20	2.10	0.03	0.23	2308	1984	325	0.09	0.15	0.32	0.43
Kp. Bulak Banteng	3.85	3.36	637	2.50	2.00	0.16	0.24	2453	2142	311	0.11	0.13	0.43	0.45
Sidotopo Wetan	3.53	2.74	870	2.30	2.10	0.07	0.37	3072	2388	684	0.09	0.16	0.30	0.43
Kedung Mangu	3.70	3.14	630	2.10	2.00	0.03	0.28	2332	1977	354	0.15	0.15	0.56	0.48
Kedung Cowek	3.90	3.30	780	2.10	2.00	0.03	0.30	3042	2572	470	0.09	0.13	0.36	0.21

5.2.4 Analisis Debit Air Limbah

Contoh perhitungan debit air limbah penduduk di saluran Kedinding Lor,

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah penduduk} &= 12.394 \text{ jiwa} \\
 \text{Kebutuhan Air bersih} &= 180 \text{ liter/orang.hari} \\
 \text{Pemakai air bersih} &= \frac{\text{jumlah penduduk} \times \text{kebutuhan air bersih}}{86400} \\
 &= \frac{12394 \times 180}{86400} \\
 &= 25,82 \text{ liter/orang.detik} \\
 Q \text{ air limbah} &= 80\% \times 25,82 \text{ liter/detik} \\
 &= 20,656 \text{ liter/detik} \\
 &= 0,021 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit air limbah dapat dilihat pada tabel 5.46

Saluran Sekunder	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air Bersih (L/orang.hari)	Pemakaian Air Bersih (L/orang.detik)	% air limbah	Q air limbah (m ³ /dt k)
Kp. Kedinding Lor	12394	180	25,82	80%	0,021
Kp. Bulak Banteng	23747	180	49,47	80%	0,040
Sidotopo Wetan	56325	180	117,34	80%	0,094
Kedung Mangu	19603	180	40,84	80%	0,033
Kedung Cowek	14328	180	29,85	80%	0,024

5.2.5 Perbandingan Debit Rencana dengan Debit Eksisting

Diketahuinya debit eksisting maksimum saluran dan debit limpasan, maka kedua nilai debit tersebut dibandingkan untuk mengetahui daya tampung kapasitas saluran yang ada saat ini dalam melayani debit limpasan. Hasil perhitungan selisih debit (Qsisa) antara kapasitas debit saluran eksisting (Qeksisting) dan debit limpasan (Qlimpasan) selengkapnya dapat dilihat pada

Tabel 5.47.

Tabel 5.47 Perbandingan Debit Rencana dan Debit Eksisting

Saluran Sekunder	Debit Rencana (m ³ /dtk)			Q	Q	Kondisi Saluran
	Q limpasan (m ³ /dtk)	Q limbah (m ³ /dtk)	Q total (m ³ /dtk)	eksisting (m ³ /dtk)	genangan (m ³ /dtk)	
Kp. Kedinding Lor	0.49	0.021	0.51	0.43	0.08	meluap
Kp. Bulak Banteng	1.19	0.040	1.23	0.45	0.78	meluap
Sidotopo Wetan	1.43	0.094	1.52	0.43	1.09	meluap
Kedung Mangu	1.31	0.033	1.34	0.48	0.86	meluap
Kedung Cowek	0.23	0.007	0.24	0.21	0.03	meluap

Kondisi drainase saat terjadi sedimen di saluran menyebabkan saluran menjadi meluap. Pada Tabel 5.48 merupakan perhitungan kapasitas saluran saat tidak terjadi sedimen di wilayah Kenjeran.

Tabel 5.48 Perbandingan Saluran Saat Tidak Terjadi Sedimen

Saluran Sekunder	Debit Rencana (m ³ /dtk)			Q	Q	Kondisi Saluran
	Q limpasan (m ³ /dtk)	Q limbah (m ³ /dtk)	Q total (m ³ /dtk)	eksisting (m ³ /dtk)	genangan (m ³ /dtk)	
Kp. Kedinding Lor	0.49	0.021	0.51	0.51	0.00	tidak meluap
Kp. Bulak Banteng	1.19	0.040	1.23	0.51	0.71	meluap
Sidotopo Wetan	1.43	0.094	1.52	0.55	0.97	meluap
Kedung Mangu	1.31	0.033	1.34	0.57	0.77	meluap
Kedung Cowek	0.23	0.007	0.24	0.21	0.00	tidak meluap

Tabel diatas menunjukkan bahwa ada 3 saluran yang memang sudah tidak mampu lagi menampung debit saluran. Dua saluran lagi dengan dibersihkan sedimen masih mampu menampung debit saluran.

5.3 Analisa Peran Serta Masyarakat

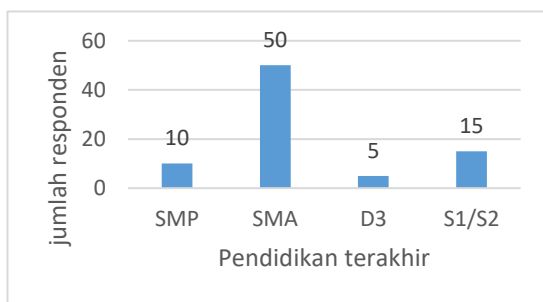
Peran masyarakat memiliki pengaruh terhadap pengelolaan drainase. Hasil pengamatan di lapangan, ada pemukiman kumuh yang dapat ditemukan di beberapa titik di Kecamatan Kenjeran, seperti di Tambak Wedi dan Sidotopo Wetan.

Di Kecamatan Kenjeran memiliki beberapa organisasi masyarakat, seperti KSM (Kelompok Swadaya Masyarakat), PKK (Pembinaan Kesejahteraan Keluarga). Organisasi masyarakat ini diperlukan untuk melakukan sosialisasi kepada warganya agar dapat menjaga lingkungannya dengan baik. Selain itu diperlukan kerjasama dengan tingkat RT/RW sangat berguna untuk mengajak masyarakat seperti tokoh masyarakat, yang menghubungkan pemerintah dalam kegiatan sanitasi.

Aspek yang ditinjau dalam peran serta masyarakat Kecamatan Kenjeran adalah identitas responden, ketersediaan tempat sampah di rumah, kesediaan masyarakat dalam pemeliharaan saluran. Kepedulian yang mampu mendorong setiap warga dalam menjaga lingkungan sekitar mereka.

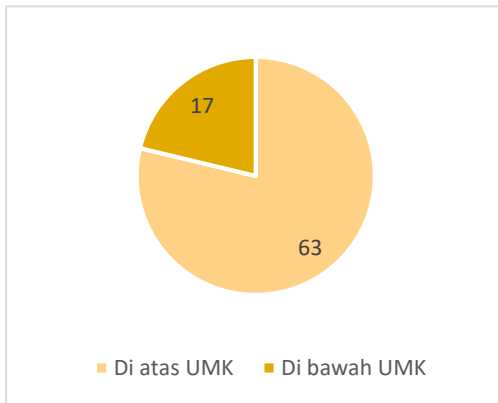
5.3.1 Identitas Responden

Identitas responden diperlukan dalam pelaksanaan *survey* kuesioner terkait aspek peran serta masyarakat. Identitas responden bertujuan untuk mengetahui kondisi sosial masyarakat. Karakteristik sosial dan ekonomi responden terbagi kedalam pendidikan terakhir, pekerjaan, dan pendapatan keluarga.



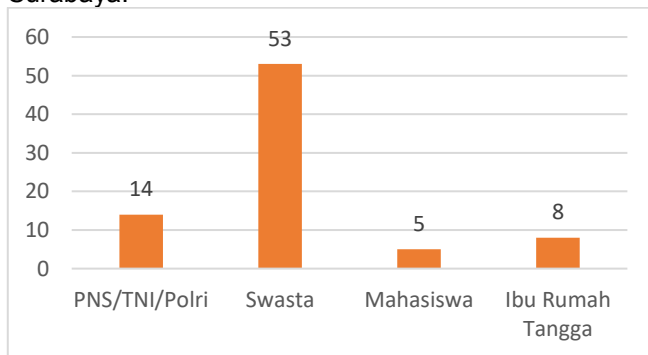
Gambar 5.18 Pendidikan Terakhir responden

Grafik diatas menunjukkan bahwa pendidikan terakhir responden di Kecamatan Kenjeran sebagian besar adalah tamatan SMA dengan jumlah orang responden. Responden yang tamatan S1/S2 sebanyak 15 orang.



Gambar 5.19 Pendapatan per Keluarga

Gambar 5.19 menunjukkan bahwa responden adalah masyarakat dengan pendapatan rata-rata diatas UMK yaitu sebesar 63 orang dari total responden. Hanya terdapat sekitar 17 responden yang memiliki pendapatan dibawah UMK Kota Surabaya.

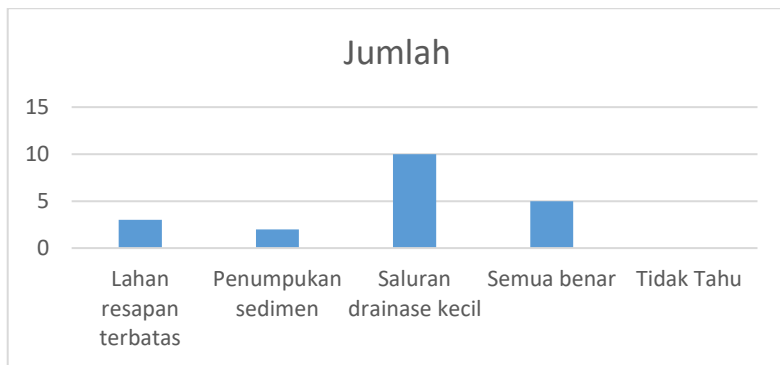


Gambar 5.20 Pekerjaan Responden

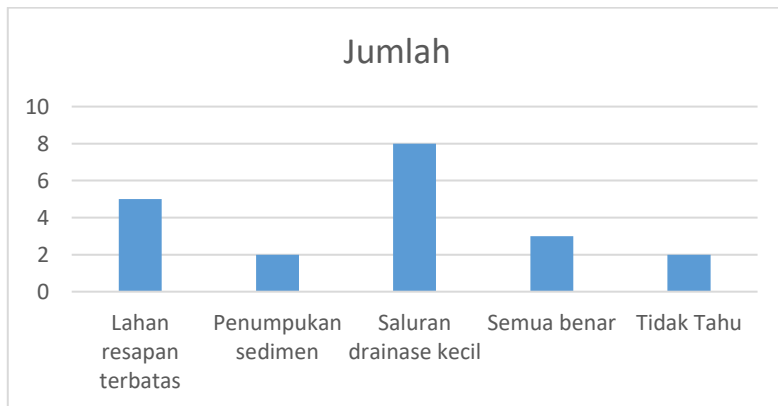
Gambar 5.20 menunjukkan bahwa persentase tertinggi responden adalah masyarakat yang bekerja sebagai Pegawai Swasta. Pada urutan kedua yaitu responden yang bekerja sebagai PNS/TNI/Polri. Sisanya adalah responden yang masih berstatus sebagai mahasiswa/pelajar dan ibu rumah tangga.

5.3.2 Analisis Penyebab Genangan Menurut Responden

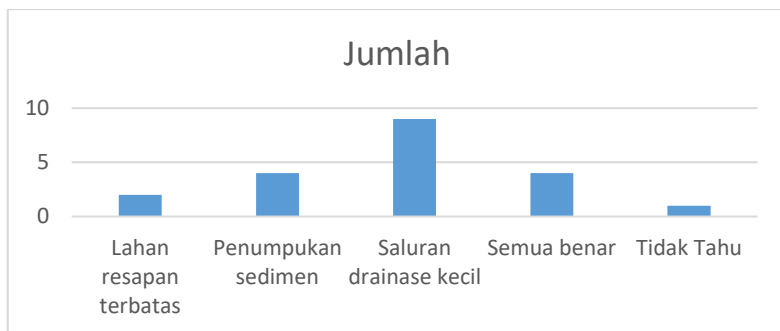
Berikut ini adalah hasil *survey* kuesioner yang telah disebar di beberapa titik genangan di Kecamatan Kenjeran.



Gambar 5.21 Penyebab genangan di Bulak Banteng



Gambar 5.22 Penyebab Genangan di Sidotopo Wetan



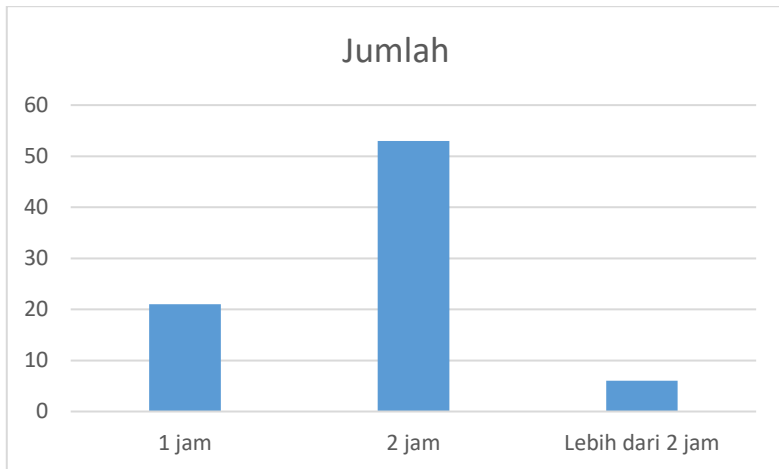
Gambar 5.23 Penyebab Genangan di Kedung Mangu

Di setiap kelurahan memiliki penyebab genangan yang berbeda-beda. Pada Kelurahan Sidotopo Wetan yang menjadi penyebab utama banjir adalah saluran drainase yang kecil dan juga lahan resapan yang berkurang drastis selama beberapa tahun belakangan yang disebabkan karena banyaknya bangunan yang baru dibuat sehingga menyebabkan lahan resapan menjadi berkurang.

Permasalahan yang menjadi penyebab genangan di Kelurahan Bulak Banteng adalah pada saat musim hujan air laut naik ke daratan (*backwater*) yang menyebabkan genangan terjadi. Walaupun terdapat pintu air, tetap gagal menghadang air laut yang naik ke darat. Dan penyebab lainnya yaitu buntunya saluran akibat banyaknya sampah juga menjadi penyebab saluran terhambat.

Sedangkan pada Kedung Mangu yang menjadi permasalahannya adalah saluran drainase yang terlalu kecil sehingga tidak mampu menampung debit air hujan saat hujan deras terjadi. Saluran drainase yang buntu akibat banyaknya sampah juga menjadi penyebab genangan terjadi.

Sementara itu yang menjadi penyebab genangan pada saluran Kedinding Lor dan Kedung Cowek adalah karena menumpuknya sampah pada saluran drainase. Dengan pembersihan saluran secara berkala maka akan dapat mengurangi genangan yang terjadi.



Gambar 5.24 Lama Genangan

Gambar diatas menunjukkan lama genangan di Kecamatan Kenjeran berkisar 1-2 jam atau lebih. Dengan ketinggian genangan yang berbeda-beda. Ada beberapa titik genangan ada yang mencapai lutut orang dewasa seperti wilayah di Kelurahan Sidotopo Wetan. Sementara di Kelurahan Tambak Wedi hanya berkisar semata kaki orang dewasa.

5.3.3 Upaya Pengurangan Genangan

Untuk mengurangi genangan yang ada di Kecamatan Kenjeran ada beberapa yang upaya yang telah dilakukan dengan cara gotong royong oleh RT setempat yang bekerja sama dengan masyarakat. Pada saat kuesioner, lebih dari 90% yang menjawab melakukan gotong royong membersihkan selokan seperti pada RT 22 RW 01 Kelurahan Tanah Kali Kedinding.

Kuesioner yang telah dilakukan juga bahwa rata-rata setiap rumah yang ada di Kecamatan kenjeran memiliki tong sampah didepan rumah. Dan pengangkutan juga dilakukan setiap 2x seminggu. Walaupun sudah ada tempat sampah di depan rumah tetap saja masih banyak terdapat sampah di saluran.

Hasil kuesioner yang telah disebar, mayoritas masyarakat mau ikut berpartisipasi dalam kegiatan gotong royong membersihkan lingkungan. Dengan usia rata-rata 26-50 tahun.

Ada tiga orang yang sudah berusia 60 tahun tidak sanggup lagi untuk ikut gotong royong karena faktor usia.

Upaya lain yang harus dilakukan adalah memaksimalkan rumah pompa yang ada di sekitar Kecamatan Kenjeran. Rumah pompa harus memiliki *Standart Of Procedure* (SOP) secara tertulis tentang pemakaian pompa, termasuk saat terjadi arus pasang laut dan hujan terjadi secara bersamaan. Dan juga dilakukan pembersihan di sekitar pintu air karena saluran tersebut sering terjadi penyumbatan akibat banyaknya sampah.

Upaya yang dilakukan untuk mengurangi genangan di ketiga saluran yang sudah tidak dapat menampung air genangan tersebut adalah dengan membuat saluran drainase yang baru dengan tujuan untuk membagi arah aliran air hujan sehingga mencegah terjadinya genangan. Dan bila tidak memungkinkan untuk membuat saluran drainase yang baru, bisa diganti dengan memprbesar dimensi saluran yang ada. Upaya berikutnya adalah dengan pembuatan tanggul. Dengan pembuatan tanggul di sekitar pantai Kenjeran bisa dapat mengurangi terjadinya *backwater* pada saat air pasang laut.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi saluran, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada beberapa titik genangan pada titik saluran sekunder di *catchment area* wilayah studi dengan debit genangan :
 - Kp. Kedinding Lor 0,08 m³/dtk
 - Kp. Bulak Banteng 0,77 m³/dtk
 - Sidotopo Wetan 1,06 m³/dtk
 - Kedung Mangu 0,86 m³/dtk
 - Kedung Cowek 0,03 m³/dtk
2. Beberapa penyebab diantaranya adalah sedimen dan masih banyaknya sampah pada saluran sekunder.
3. Kesiediaan masyarakat Kenjeran dalam menjaga saluran drainase perlu ditingkatkan.

6.2 Saran

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Chay, Asdak. **Hidrologi dan Pengolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press. 2006. Yogyakarta. Indonesia
- Dinas Bina Marga dan Pematusan Surabaya. 2015. **Surabaya Drainage Masterplan 2018 Review Dan Hasil Olahan**. Surabaya, Indonesia
- Dinas Cipta karya dan Tata Ruang 2015. **Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya 2013**. Surabaya. Indonesia
- Dinas Pertanian 2014. **Penggunaan Lahan Kota Surabaya Tahun 2013**. Surabaya. Indonesia
- Hsu, N-S., Huang, C-L. dan Wei, C-C. 2013. **Intelligent Real-Time Operation of A Pumping Station for An Urban Drainage System**. Journal of Hydrology, 489, 85-97
- Masduqi, M. 2005. **Diktat Kuliah Drainase Permukiman**. ITB, Bandung
- Standard Nasional Indonesia (SNI). **Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan penampung**. SNI 8066-2015.
- Subarkah Ir. 1980. **Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Ide Dahrma**, Bandung, Indonesia.
- Suripin, M.Eng. Dr. Ir., 2004. **Sistem Drainase Kota Berkelanjutan**. Andi Offset, Yogyakarta, Indonesia.
- Pandebesie, E.S., Hartati, Salami, I.R.S., Wijaya, J.M., Sijoatmojo, S. 2002. **Pengelolaan Sistem Drainase dan Penyaluran Air Limbah. Teknik Perencanaan Penyehatan Lingkungan Permukiman**. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP ITS. Surabaya, Indonesia.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2013. **Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Surabaya Tahun 2013**. Surabaya, Indonesia.
- Tingsanchali, T. 2012. **Urban Flood Disaster Management**.

Procedia Engineering, 32, 25–37

Zhang, Q., Gu, X., Singh, V. P. dan Xiao, M. 2014. **Flood Frequency Analysis with Consideration of Hydrological Alterations: Changing Properties, Causes and Implications**. Journal of Hidrology, 519, 803-813

LAMPIRAN



Banyaknya sampah di saluran primer Kecamatan Kenjeran



Pembersihan sedimen di saluran sekunder



Kondisi saluran di Sidotopo Wetan



Kondisi saluran di Bulak banteng



KUESIONER PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAH
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

A. IDENTITAS RESPONDEN

A.1. Individu

No	Pernyataan	Jawaban
1	Tanggal Wawancara	
2	Kelurahan	
3	RW/RT	
4	Alamat Rumah	
5	Jumlah Anggota Keluarga	
6	Nama Responden	
7	Jenis Kelamin Responden	
8	Umur Responden	

B. KARAKTERISTIK SOSIAL DAN EKONOMI RESPONDEN

B.1. Pendidikan

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apa pendidikan terakhir saudara? a. S1 b. D3 c. SMA d. SMP e. Sekolah Dasar f. Lainnya :	

B.2. Status Ekonomi

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apa pekerjaan anda ? a. Pekerjaan Tetap (PNS/TNI/Polri/Karyawan swasta/wiraswasta/Petani) b. Pekerjaan Tidak Tetap (buruh tani/ buruh nelayan) c. Tidak Bekerja d. Lainnya	
2	Berapakah penghasilan rata-rata Keluarga per bulan ? 1. ≥ Rp. 5.000.000,- 2. Rp 3.000.000 s.d Rp. 4.999.999,- 3. Rp 1.000.000 s.d Rp. 2.999.999,- 4. < Rp. 1.000.000,-	
3	Apa tipe rumah yang saudara miliki ? 1. Permanen (tembok dan beton) 2. Tidak Permanen (Kayu, bambu dan gedeg)	

B.3. Status Lingkungan

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apa sumber air bersih yang digunakan? a. PDAM b. Sumur/ air tanah c. Air Hujan d.	

2	Apakah didepan rumah anda memiliki tong sampah? a. Ya b. Tidak	
3	Berapa kali petugas kebersihan mengangkut sampah rumah anda? a. Dua kali seminggu b. Satu kali seminggu c.	
4	Riwayat penyakit keluarga anggota?	

B.3. Pengetahuan tentang Genangan

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apa itu genangan?	
2	Apakah di daerah anda terkena dampak genangan? a. Ya b. Tidak	
3	Apakah setiap terjadinya hujan deras selama berjam-jam akan terjadi genangan? a. Ya b. Tidak	
4	Berapa lama genangan itu surut setelah terjadinya hujan deras? a. Satu jam b. Dua jam c. Lebih dari dua jam	
5	Apakah penyebab terjadinya genangan menurut saudara? a. Terbatasnya lahan resapan b. Terjadinya penumpukan sedimen c. Saluran drainase terlalu kecil d. Semua benar	
6	Apakah terjadi dampak kesehatan dari genangan tersebut? a. Diare b. DBD c. Malaria d. Dan lain-lain	

B.4. Sikap mengenai Risiko Bencana Genangan

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Apa saja tindakan yang sudah dilakukan oleh RT dan penduduk setempat untuk mengurangi dampak genangan ini?	
1	Agar risiko bencana genangan dapat dikurangi, sebaiknya setiap anggota keluarga menjaga fungsi dan kebersihan saluran-saluran air, dan tidak membuang sampah dan BAB/BAK di sungai 1 = Tidak setuju 2 = Kurang Setuju	

	3 = Setuju 4 = Sangat Setuju	
2	Membersihkan selokan dilakukan apabila sudah ada anggota masyarakat yang terkena penyakit seperti demam berdarah ataupun malaria 1 = Tidak setuju 2 = Kurang Setuju 3 = Setuju 4 = Sangat Setuju	
6	Setiap anggota masyarakat sebaiknya terlibat aktif dalam rapat-rapat persiapan dan perencanaan pengurangan risiko bencana yang ada di lingkungannya 1 = Tidak setuju 2 = Kurang Setuju 3 = Setuju 4 = Sangat Setuju	
7	Setidaknya harus ada satu orang anggota keluarga yang belajar mengenai pengurangan risiko bencana seperti pertolongan pertama pada penanganan kecelakaan, air dan sanitasi, atau yang lainnya 1 = Tidak setuju 2 = Kurang Setuju 3 = Setuju 4 = Sangat Setuju	
8	Upaya kesiapsiagaan akan lebih efektif apabila hanya dilakukan oleh kepala desa/lurah beserta aparat desa 1 = Tidak setuju 2 = Kurang Setuju 3 = Setuju 4 = Sangat Setuju	

F. Perilaku Pengurangan Risiko Bencana

No	Perilaku Pengurangan Risiko Bencana	Jawaban
1	Terlibat aktif dalam rapat-rapat untuk persiapan dan perencanaan pengurangan risiko bencana yang ada di lingkungannya 1. Ya <input type="checkbox"/> 2. Tidak <input type="checkbox"/>	
2	Terlibat aktif dalam kegiatan pelatihan-pelatihan atau simulasi tentang pengurangan risiko bencana 1. Ya <input type="checkbox"/> 2. Tidak <input type="checkbox"/>	
3	Ikut serta dalam kegiatan gotong royong membersihkan di lingkungan dalam rangka pengurangan genangan 1. Ya <input type="checkbox"/> 2. Tidak <input type="checkbox"/>	
4	Terlibat aktif dalam pembangunan sarana mitigasi struktural dalam rangka pengurangan genangan yang ada di lingkungannya 1. Ya <input type="checkbox"/> 2. Tidak <input type="checkbox"/>	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Sungai Pakning, 14 Maret 1994, merupakan anak ke 3 dari tiga bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di SDS YKPP Sungai Pakning pada tahun 2000-2006. Kemudian dilanjutkan di SMPS YKPP Sungai Pakning pada tahun 2006-2009, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN Plus Propinsi Riau pada tahun 2009-2012. Penulis

kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan, dan Kebumihan, ITS Surabaya pada tahun 2012-2018 dan terdaftar dengan NRP 03211240000113. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai Staf Syiar Alkaun HMTL ITS 2013-2014. Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan HMTL ITS maupun Luar ITS. Berbagai pelatihan dan seminar nasional dan internasional di bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri. Penulis berkesempatan menjalankan Kerja Praktik di PT Pertamina RU II Dumai untuk melakukan Analisa Sistem Manajemen K3 di Pertamina UP II Dumai Berdasarkan UU No 70 Tahun 2012. Penulis dapat dihubungi via email nuraidilfitra@yahoo.co.id